UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

JAVIER JIMÉNEZ ALEMÁN

Um modelo de fusão de informação e dados de sensores baseado no Modelo JDL para a assistência não intrusiva a idosos em ambientes outdoor

NITERÓI

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

JAVIER JIMÉNEZ ALEMÁN

Um modelo de fusão de informação e dados de sensores baseado no Modelo JDL para a assistência não intrusiva a idosos em ambientes outdoor

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Computação. Área de concentração: Éngenharia de Sistemas e Informação

Orientador:
Profa. Dra. Ana Cristina Bicharra Garcia

Co-orientador:
Dra. Nayat Sánchez-Pi

NITERÓI

2016

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

J61 Jiménez Alemán, Javier
Um modelo de fusão de informação e dados de sensores baseados em JDL para a assistência não intrusiva a idosos em ambientes *outdoor* / Javier Alemán Jiménez. – Niterói, RJ : [s.n.], 2016.
121 f.

Dissertação (Mestrado em Computação) - Universidade Federal Fluminense, 2016.
Orientadores: Ana Cristina Bicharra Garcia, Nayat Sanchez-Pi.

1. Computação ubíqua. 2. Rede de sensores sem fio. 3. Sistema de informação. 4. Assistência ao idoso. I. Título.

CDD 004.6

JAVIER JIMÉNEZ ALEMÁN

Um modelo de fusão de informação e dados de sensores baseado em JDL para a assistência não intrusiva a idosos em ambientes outdoor

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Computação.Área de concentração: Éngenharia de Sistemas e Informação

Aprovada em 23 de março de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ana Cristina Bicharra Garcia - Orientador
Universidade Federal Fluminense(UFF)

Profa. Dra. Nayat Sanchez-Pi - Co-orientador
Universidade de Estado do Rio de Janeiro(UERJ)

Prof. Dr. José Viterbo Filho
Universidade Federal Fluminense(UFF)

Prof. Dr. José Manuel Molina López
Universidad Carlos III de Madrid

Niterói
2016

Para minha família e amigos.

Agradecimentos

Para meus pais Maria del Carmen e Eladio, e para o meu irmão Harold, por tudo que vocês representam pra mim. Por sonharem os meus sonhos e fazerem parte dessa realização.

Às minhas orientadoras Ana Cristina Bicharra Garcia e Nayat Sánchez-Pi, com quem tive a oportunidade de aprender muito durante essa dissertação. Meu carinho e reconhecimento sempre.

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - Brasil, através do Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação (PEC-PG). Agradeço a esta instituição pela bolsa de estudo(CNPq PEC-PG 190428/2013-9)e pelo financiamento do projeto(PVE Project 314017/2013-5 RAmI Research on Ambient Intelligence).

Pelos erros e acertos, dedico esse trabalho a vocês.

Resumo

A tendência mundial do envelhecimento da população traz consigo um aumento dos problemas de saúde. Por essa razão, os idosos muitas vezes precisam de ajuda constante para garantir uma vida independente, mas mantendo a sensação de segurança. Uma maneira de fazer um seguimento constante do estado do idoso é através das tecnologias de assistência à vida baseadas em Inteligência Ambiental (AAL). Estas tecnologias, possibilitam o monitoramento de eventos relacionados com o idoso e seu ambiente, quando eles fazem sua rotina diária, através de múltiplos sensores e outras fontes de informação. Para conhecer corretamente estes eventos no contexto do idoso é preciso obter informações relevantes a partir da combinação dos dados destes sensores. As técnicas de fusão de informação fornecem os mecanismos necessários para oferecer uma descrição completa e robusta do ambiente do idoso e para derivar novas informações sobre seu estado. Existem muitos esforços nesta área que procuram fazer o monitoramento das ações dos idosos em ambientes indoor, mas são poucas as pesquisas realizadas em ambientes outdoor, devido à dificuldade para fazer a fusão dos dados disponíveis em diversas fontes de informação. Mesmo com aplicações que fazem fusão de dados de distintos sensores para inferir a situação dos idosos em ambientes outdoor, falta uma solução satisfatória que consiga identificar eventos relacionados ao idoso, levando em consideração as diversas situações de risco que podem enfrentar os idosos em suas rotinas diárias em ambientes outdoor. Levando isto em consideração, esta pesquisa está focada no desenvolvimento de um modelo de fusão de dados, a partir dos dados de diferentes sensores, que permita identificar as condições de segurança dos idosos considerando o ambiente em que estão inseridos (situational awareness). O objetivo da pesquisa, através do modelo proposto é fazer o monitoramento do comportamento dos adultos mais velhos para detectar situações de risco em áreas outdoors. Este modelo está baseado no modelo JDL de fusão de dados e vai uti-

lizar os dados fornecidos pelos sensores embebidos dentro dos smartphones, assim como outras fontes de informação, para fazer inferências do contexto do idoso com o menor erro possível. Foi realizado um experimento inicial através de um teste centrado no usuário que ilustrou a viabilidade de usar estas tecnologias como mecanismo para monitorar aos idosos em ambientes outdoor.

Palavras-chave: AmI, AAL, Fusão da Informação, Modelo JDL

Abstract

The trend towards an aging population worldwide brings with an increase in health problems in these people. For this reason, elders need constant help to guarantee an independent life, keeping a sense of security. One way to do a constant monitoring of the elders status is through the assistive technologies to life based on Ambient Intelligence (AAL). These technologies enable monitoring the elders status and their environment when they make their daily routine, through multiple sensors and other information sources. In order to properly know about these events in the context of elder it is necessary to obtain relevant information from the combination of data from these sensors. The information fusion techniques provide the required mechanisms to provide a complete and robust description of the environment of the elder and to provide new information about their status. There are many efforts in this area looking to monitor the elders actions in indoor environments, but there are few researches in outdoor environments, due to the difficulty in merging data from several information sources. Even with applications that make data fusion of different sensors to infer the elders status in outdoor environments, there no exist a satisfactory solution that can identify events related to the elders status, taking into account the several risk situations that elders may face in their daily routines in outdoor environments. Considering this, this research is focused on the development of a data fusion model, which can identify new events and risk situations considering the environment of the elder, through the data fusion of different sensors. The objective of this research through the proposed model is monitor the behavior of older adults to detect risk situations in outdoors areas. This model is based on the JDL data fusion model and will use data provided by sensors embedded within smartphones, as well as other information sources, to make inferences from the elder's environment with the lowest error. An initial experiment was conducted using a user-centered test that showed the viability of

using these technologies as mechanism to monitor elders in outdoor environments.

Keywords: AmI, AAL, Information Fusion, JDL Model

Lista de Figuras

2.1 Ontologia COMANTO 20

2.2 Definicão parcial da ontologia CONON de alto nível 21

2.3 Ontologia *Simple Event Model* (SEM) 21

2.4 Modelo JDL de Fusão de Informação 24

2.5 Modelo *Waterfall* 25

2.6 Arquitetura de Fusão de Dados *Thomopoulos* 27

2.7 Rede colaborativa de segurança 31

2.8 Arquitetura InContexto 37

3.1 Problemas de saúde mais frequentes entre os idosos entrevistados . 47

3.2 Principais problemas dos idosos fazendo atividades fora de casa . . 48

3.3 Tecnologias mais familiares para os idosos 49

3.4 Propósito ao usar os *smartphones* pelos idosos 49

3.5 Coordenadas em *smartphones* que usam Android 55

3.6 API de World Weather Online 57

3.7 Detecção da queda usando o acelerômetro no *smartphone* 59

3.8 Limites de afastamento permitidos na rota predefinida para os idosos 61

3.9 Padrão de confusão no percorrido do idoso em ambientes outdoor . 62

3.10 Objetos identificados 63

3.11 Regras SRWL em ELSA 68

4.1 Arquitetura do sistema *SafeRoute* 72

4.2 Aplicativo Android *CareofMe* 73

4.3 Seleção de rotas e redes de segurança no Aplicativo Android *CareofMe* 74

4.4 Monitoramento da rota ou Rede segura no Aplicativo Android *CareofMe* 74

4.5 Feedback de afastamento no Aplicativo Android *CareofMe* 75

4.6 Feedback de afastamento com proposta de caminho de volta no Aplicativo Android *CareofMe* 76

4.7 Feedback de detecção de queda no Aplicativo Android *CareofMe* . . 76

4.8 Redes seguras no sistema web *SafeRoute* 77

4.9 Panel de visualização do estado do idoso 78

5.1 Rota pré-definida no sistema *SafeRoute* 82

5.2 Localização do idoso usando os sensores Arduino 83

5.3 Localização do idoso no sistema *SafeRoute* 84

F.1 Cenário motivador 118

G.1 Modelo de Fusão de dados proposto 119

H.1 Ontologia ELSA *(ElderSafe)* 120

I.1 Visão hierárquica da Ontologia ELSA 121

Lista de Tabelas

2.1 Comparação dos trabalhos correlatos 43

5.1 Experimento de localização usando *SafeRoute* e sensores Arduino . 87

Lista de Abreviaturas e Siglas

MEMS: Microelectro mechanical systems;
DIF: Fuse Dados e Informas;
SNS: Social networking service;
DWT: Digital Wavelet Transform;
CWT:Continuous Wavelet Transform;
STFT:Short-time Fourier transform;
SMA: Statistical Methods and Applications;
GPS: Global Positioning System;
A-GPS: Assisted Global Positioning System;
GSM: Global System for Mobile communications;
W3C: World Wide Web Consortium;
OOD: Object-Oriented Design;
OWL: Web Ontology Language;
SWRL: Object-Oriented Design;
AVD's: Atividade da vida diária;
LED: Light-Emitting Diode;
MAS: Multi-agent System;
SVM:Support vector machine;

Sumário

1 Introdução **1**

1.1 Visão geral 1

1.2 Problema 7

1.3 Objetivos 8

1.4 Hipótese 9

1.5 Metodologia 10

1.6 Organização do trabalho 11

2 Fundamentação Teórica **13**

2.1 Ambient Intelligence 13

2.2 Ambient Assisted Living 15

2.3 Fusão de Dados em Ambient Assisted Living 18

2.4 Modelos de Fusão de Dados 21

2.4.1 Modelo de Fusão de Dados JDL 22

2.4.2 Modelo *Waterfall* 24

2.4.3 Modelo de Fusão de Thomopoulos 26

2.5 Trabalhos correlatos 27

2.5.1 Papliatseyeu 27

2.5.2 Sendra et al 29
2.5.3 Abadi et al 32
2.5.4 Blazquez 33
2.6 Discussão 36

3 Modelo de fusão de dados para AAL em ambientes outdoor 44

3.1 Análise da situação atual 45
3.2 Cenário: A história de Tom 52
3.3 Modelo de fusão de dados JDL 53
3.3.1 Nível 0: Pré-processamento ou refinamento do sinal 53
3.3.1.1 *Hardsensors* 54
3.3.1.1.1 Detecção de queda (Acelerômetro) 54
3.3.1.1.2 Detecção de afastamento da rota predefinida e Confusão ou movimentos erráticos na rua (Sensores de localização) 55
3.3.1.2 *Softsensors* 56
3.3.1.2.1 Detecção de condições metereológicas adversas (API de *World Weather Online*) . . 56
3.3.2 Nível 1: Refinamento dos Objetos 57
3.3.2.1 Detecção de queda 58
3.3.2.2 Detecção de afastamento da rota predefinida 60
3.3.2.3 Detecção de confusão ou movimentos erráticos na rua 61
3.3.2.4 Identificação de Objetos 61

3.3.3 Nível 2 Refinamento da Situação(Ontologia ELSA) 63

3.3.4 Nível 3: Avaliação de Impacto 67

4 Sistema de monitoramento de idosos em ambientes outdoor 70

4.1 Arquitetura 71

4.2 Componentes do sistema *SafeRoute* 72

4.2.1 Aplicativo Android *CareofMe* 72

4.2.2 Sistema Web SafeRoute 76

4.2.3 Painel de Control 78

4.3 Tecnologias utilizadas 78

4.4 Discussão 79

5 Avaliação 81

5.1 Teste centrado no usuário 81

5.2 Discussão 86

6 Conclusões 89

6.1 Considerações finais sobre a pesquisa 89

6.2 Contribuições da pesquisa 91

6.3 Trabalhos futuros 92

Referências 94

Apêndice A – Index de Independência nas Atividades de Vida Diária desenvolvido por Katz 100

Apêndice B – QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO IDOSO **106**

Apêndice C – QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO CUIDADOR **111**

Apêndice D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO **115**

Apêndice E – AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA **117**

Apêndice F – CENÁRIO MOTIVADOR **118**

Apêndice G – PROPOSTA DE MODELO DE FUSÃO DE DADOS **119**

Apêndice H – ONTOLOGIA ELSA **120**

Apêndice I – VISÃO HIERÁRQUICA DA ONTOLOGIA ELSA **121**

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo, vamos argumentar as linhas norteadoras desta dissertação de mestrado, com o objetivo de introduzir o leitor no tema da pesquisa realizada. Nesse sentido, são abordados: contexto e a motivação, a descrição do problema, a hipótese estudada, os principais objetivos e contribuições, bem como a metodologia utilizada na realização desta pesquisa. Além disso, apresentamos a organização desta pesquisa, dando uma breve descrição dos capítulos.

1.1 Visão geral

Existe uma tendência mundial sobre o envelhecimento da população. As projeções mostram que 30% da população mundial estará acima de 65 anos em 2050 nos países da Europa e nos Estados Unidos [46]. No Brasil, os dados produzidos pelo censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010 mostraram um aumento de 10,3% da população brasileira acima de 65 anos com um planejamento de 29% para o 2050 e de 36,1% para 2075 [24]. O aumento da expectativa de vida traz consigo um aumento dos problemas de saúde, tais como limitações físicas (problemas de equilíbrio), problemas de percepção (problemas de visão e audição) e problemas cognitivos (perda de memória e dificuldades para fazer tarefas paralelas). Para garantir que eles tenham uma vida independente

e que possam fazer normalmente suas atividades de rotina, com independência e segurança, os idosos precisam de ajuda para lembrar coisas da sua vida cotidiana, e ser alertados ante situações de risco. A medida que a idade avança, os idosos precisam de um aumento da atenção permanente por seus cuidadores e familiares, existindo uma necessidade crescente de criar mecanismos para fornecer os idosos segurança no seu próprio ambiente.

Em função destas exigências, existem soluções tecnológicas que são aplicadas para garantir a atenção permanente aos idosos em seu ambiente. Por exemplo, a Computação Ubíqua constitui um campo de pesquisa comum hoje em dia que fornece muitas possibilidades para o monitoramento a idosos, principalmente devido à grande quantidade de dispositivos e sensores instalados em diferentes ambientes e as oportunidades tecnológicas que isto apresenta. De acordo com um estudo realizado por CISCO em 2011, em 2007 o número de dispositivos conectados a nível mundial excedeu o número de habitantes do planeta, existindo atualmente uma correlação de 3,47 dispositivos conetados por habitante e com uma projeção de 6,58 para 2020. Existem muitas aplicações práticas, aonde a informação não é obtida somente do processamento dos dados adquiridos dos sensores em um ambiente ubíquo, mas também da informação compartilhada entre ambientes inteligentes, tais como modelos matemáticos, perfis e modelos de aprendizagem de máquina.

Um conceito relacionado à Computação Ubíqua o consitui a Inteligência Ambiental (*Ambient Intelligence (AmI)*), que se refere a uma visão em que as pessoas estejam supervisadas por um ambiente eletrônico que está ciente de sua presença e que é sensível e receptivo às suas necessidades. O termo *Ambient Intelligence* foi cunhado pela Comissão Europeia, quando, em 2001, um dos seus grupos, a *European Community's Information Society Technology (ISTAG)*, lançou o desafio *AmI* [43]. Seu objetivo é melhorar a qualidade de vida dessas pessoas, criando uma atmosfera desejada através de sistemas e serviços inteligentes e interligados.

As tecnologias de assistência à vida baseadas em Inteligência Ambiental são chamadas ferramentas de *Ambient Assisted Living (AAL)*. *AAL* pode ser utilizada

para a prevenção, cura e melhoria das condições de saúde e bem-estar dos adultos mais velhos [39]. As tecnologias *AAL* também podem fornecer mais segurança para os idosos, utilizando sistemas de resposta frente a emergências, sistemas de detecção de quedas e sistemas de vigilância de vídeo. Essas tecnologias permitem que os idosos se comuniquem melhor com seus companheiros, família e amigos [42]. Dentro das aplicações de *AAL* estão as *Smart Homes*, o uso de tecnologia celular e sensores na roupa (*wearable sensors*). (*SmartHomes* é um conceito bastante amplo para se referir às técnicas e sistemas, aplicadas a espaços onde as pessoas moram. As *SmartHomes* no âmbito de *AAL*, se refere aos conceitos, sistemas eletrônicos, produtos e serviços que ajudam aos adultos mais velhos ou pessoas com deficiências em suas vidas diárias.

No entanto, a sensação de segurança muda drasticamente quando os idosos que estão sendo monitorados estão em uma ambiente fora de controle onde o risco de acidentes é multiplicado. Embora a tecnologia de sensores focada na localização e na detecção de movimentos seja amplamente usada, em ambientes *outdoors* é difícil lograr a interoperação entre eles e a implementação de redes de sensores requer um grande investimento em dispositivos computacionais e recursos de rede. Existem distintas classificações para os sensores, primeiramente, estão os conhecidos *hardsensors* (acelerômetro, temperatura, sistema *GPS*, etc.) e os *softsensors*, chamados assim os observadores que recopilam as informações do usuário que podem ser acessadas através da web (informações do estado do tempo, mapas, e outras ferramentas de localização online).

Tradicionalmente, o acesso à Internet foi feito a partir dos computadores *desktop*. No entanto, hoje em dia o acesso à Internet também é estendido para os *smartphones*, os quais se tornam cada vez mais comuns. As taxas de penetração indicam que, em 2010, nos Estados Unidos, 27% dos usuários de telefonia móvel possuíam um *smartphone* e na Europa (França, Alemanha, Itália Espanha e Reino Unido), a penetração de *smartphones* foi ainda maior, atingindo 31,1% [10]. Hoje em dia, os *smartphones* não só fornecem acesso à internet; além disso, eles também

oferecem um grande número de serviços provenientes dos sensores inseridos como: microfone, câmaras digitais, acelerômetro, giroscópio, bússola, magnetômetro, sensor de proximidade, sensor de luz e *GPS*. Esse cenário de sensores disponíveis nos *smartphones* cria uma oportunidade interessante para a criação de aplicações dentro da *AAL* para dar suporte às necessidades dos idosos mediante a detecção e o reconhecimento inteligente do contexto.

Considerando esta crescente necessidade de criar mecanismos de monitoramento para melhorar a qualidade da vida dos idosos em sua rotina diária, e procurando aumentar as condições de segurança e considerando o ambiente em que estão inseridos foi criado o projeto RAmI. Este projeto, inserido dentro da área de *AAL*, é realizado pelo Laboratório de Documentação Ativa e Design Inteligente do Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense e procura a criação de métodos inovadores de monitoramento aos idosos tanto em ambientes *outdoors* quanto *indoors*, utilizando distintos sensores colocados no ambiente do idoso.

No entanto, sistemas de *AAL* como RAmI exigem a manipulação de dados capturados das atividades dos usuários e do seu ambiente para fazer a inferência do seu contexto e da sua situação atual (de risco ou não). Entretanto, fazer uma correta inferência a partir das informações dos diferentes sensores que estão no ambiente e acoplados no usuário, pode ser bastante difícil e computacionalmente custodo, pois em casos extremos, cada sensor pode ter seu próprio processador para gerenciar os dados locais e ter que cooperar com os outros nós sensores. A fusão da informação a partir de múltiplos sensores para inferir o contexto do idoso se apresenta como uma solução viável para enfrentar essa situação. As técnicas de fusão de informação [21] procuram combinar as observações de um número de dados diferentes para proporcionar uma descrição completa e robusta de um ambiente ou processo de interesse com uma boa qualidade, precisão ou para derivar novas informações. A fusão de sensores é a combinação de dados sensoriais de tal forma que a informação inferida é mais completa, mais precisa e mais confiável do que utilizando um único sensor.

A fusão de informação focada em vários sensores tornou-se cada vez mais relevante durante os últimos anos, devido ao seu propósito de combinar um número grande de diferentes sensores para fornecer uma descrição sólida e completa de um ambiente ou certo processo de interesse. São diversos os modelos e arquiteturas propostos para organizar o processo de fusão de dados dos sensores.

Normalmente, as arquiteturas de fusão de dados são baseadas em sistemas centralizados; no entanto, o desenvolvimento dos algoritmos de fusão neste tipo de ambientes, provoca um alto custo computacional e um aumento do consumo de energia. Assim, a fim de evitar estes problemas, algumas arquiteturas distribuídas foram concebidas nos últimos anos, dividindo os processos entre os *smartphones* e servidores na nuvem ([10], [32], [3])

Entre os modelos mais importantes estão: o Modelo *Waterfall* proposto por [27], o Modelo de Fusão de *Thomopoulos* [54] e o Modelo de Fusão de Dados JDL.

- O modelo *Waterfall* destaca as funções de processamento sobre os níveis mais baixos. Sua principal limitação o constitui a omissão do *feedback* no fluxo de dados ao invés do modelo JDL onde todos os níveis estão interligados.

- *Thomopoulos* apresenta uma arquitetura baseada em três níveis de processamento de dados: nível do sinal, nível de evidência e nível de dinâmica. O problema é que o modelo matemático que descreve o processo do qual os dados são coletados tem de ser conhecido.

- O Modelo de Fusão de Dados mantido pelo Grupo de Fusão de Dados JDL é o método mais utilizado para a categorização de funções relacionadas com a fusão de dados. Os autores propuseram um modelo de cinco níveis, dos quais o primeiro está relacionado com a extração de informações, e o último com a extracão de conhecimento. O modelo JDL não foi desenhado para escolher uma ordem concreta para os níveis de fusão de dados já que podem ser processados consecutivamente e executados concorrentemente [51]. Embora o modelo JDL de fusão de dados tem sido criticado, ainda constitui

uma das principais referências para projetar e construer sistemas para obter informações a partir dos dados em sistemas complexos e gerar conhecimento a partir da informação extraída, avaliado por estudos bem-sucedidos [8, 10]

Os sistemas de fusão de informações, em geral, são caracterizados pela sua robustez, o aumento da confiabilidade, redução da ambiguidade e incerteza, e uma boa resolução. Há muitos exemplos de aplicações de técnicas de fusão de informação que fazem uso dos sensores em diferentes ambientes e cenários complexos, tais como previsão de acidentes [46], sistemas de transportação [14, 61] vigilância [20], robótica [47]. Os sistemas que utilizam técnicas de fusão de dados, entre os quais estão os sistemas para assistência a idosos, tentam inferir a maior quantidade de situações no contexto do usuário com a maior precisão possível, por exemplo, [26] apresenta um sistema multisensor de seis acelerômetros que é capaz de detectar se o idoso está falando, andando de bicicleta ou caminhando com uma precisão de aproximadamente 82%. No entanto, em [7], é descrito um sistema baseado no uso de sensores no peito dos idosos que é capaz de reconhecer se o idoso está deitado, sentado ou de pé. Os autores lograram que o sistema conseguira diferenciar quando o usuário está andando ou não em 80% das vezes. Embora sejam variadas as aplicações de fusão de dados de múltiplos sensores, em diversas áreas, ainda são poucas as aplicações que usam os sensores dos *smartphones*. No entanto, existem alguns estudos, como [19], que faz a fusão da informação de múltiplos sensores do *smartphone* para identificar se os idosos estão fazendo exercícios aeróbicos, cozinhando, dirigindo, etc. Eles apresentam uma arquitetura para o monitoramento do estado do idoso, mas apenas coletam os dados de sensores no *smartphone*, para posteriormente enviar as informações a um computador para que sejam analisados. Embora [19] tenha sido focado em atividades de alto nível, foi obtida uma precisão média de 81.46% para a atividade de fazer aeróbicos, que inclui a detecção dos movimentos no usuário (correndo, caminhando e pulando). Existem outras pesquisas recentes que usam *smartphones* para fazer reconhecimento das atividades do usuário, uma das mais reconhecidas é o sistema CenceMe [32], que utiliza as

redes sociais para compartilhar o estado do usuário. Os autores obtiveram uma alta acurácia detectando se o usuário está sentado, caminhando, em pé ou correndo, além disso, eles fizeram testes para detectar conversas com o telefone em diferentes posições. Tem alguns estudos que desenvolveram técnicas de fusão de dados para fazer inferência da localização e rastreamento de pessoas baseado nos sensores dos *smartphones*. Em [1], os autores propõem um sistema que consegue melhorar a precisão da localização de pedestres fusionando dados de localização de múltiplos pedestres usando a técnica de Naive fusion, mas somente foi possível reduzir o erro significativo em 27,77% de uma possiblidade de redução de 42,04%. No entanto, em [35], são fusionados dados dos sensores posicionamento disponíveis nos *smartphones* atuais (GPS, GSM, Wi-Fi) para fazer a detecção da localização do usuário em ambientes *outdoor* e *indoor* e para fazer a inferência de locais, mas sem apresentar testes que avaliem a pesquisa em termos de precisão.

As soluções encontradas na literatura referentes à fusão de informação de diferentes sensores em ambientes *outdoor* foram em grande parte pontuais. Este fato acaba por torná-las superficiais, criando barreiras na aceitação e adoção dessas soluções em soluções similares, como o projeto RAmI, focado em inferir situações de risco para idosos no âmbito da *AAL*.

1.2 Problema

Esta dissertação está construída sobre o problema de que, mesmo com aplicações que fazem fusão de dados de distintos sensores para identificar eventos relacionados aos idosos em ambientes *outdoor*, falta uma solução satisfatória que consiga identificar um número maior de eventos levando em consideração as diversas situações de risco que podem enfrentar os idosos em suas rotinas diárias em ambientes *outdoor*.

Os trabalhos estudados revelam que a identificação da localização do idoso e a identificação de eventos relacionados com o seu estado, tomando em consideração

as situações de risco que ele pode enfrentar em ambientes *outdoor* são uma boa proposta para inferir o contexto do idoso (um máximo de 82% de acurácia no caso de [19]). No entanto, estes trabalhos não consideram outras prováveis situações de risco que podem acontecer na rotina diária dos idosos em ambientes *outdoor* (perdas ao longo do caminho, sofrimento de quedas, variáveis ambientais adversas com risco para a saúde do idoso, etc.)

1.3 Objetivos

Com o propósito de investigar soluções para o problema desta pesquisa, o presente trabalho tem como objetivo geral apresentar uma solução de fusão de informação e dados de sensores para permitir inferências sobre o ambiente (*situational awareness*), em especial para o domínio de assistência a idosos *(AAL)* em ambientes *outdoor*. Essa solução estará baseada no modelo JDL de fusão de dados e utilizará os dados fornecidos pelos sensores inseridos dentro dos *smartphones* e outras fontes de informação para tentar fazer inferência de eventos que conduzem à detecção de situações de emergência para idosos que fazem atividades *outdoor*, com o menor erro possível.

Além de atingir esse objetivo geral, este trabalho também se propõe os seguintes objetivos específicos:

1. Realizar um estudo das contribuições e limitações de trabalhos semelhantes em Inteligência Ambiental, especialmente na área do *AAL* e explicar de maneira precisa o aporte de nosso trabalho.

2. Elaborar e descrever o modelo de fusão de dados proposto, para fazer o diagnóstico de situações de risco a partir da identificação de eventos (perdida, queda, situações ambientais desfavoráveis) de um idoso que realiza atividades *outdoor* a partir do uso do *smartphone* e outras fontes de informação (serviços meteorológicos online e serviços de mapeamento online).

(a) Realizar uma etapa de análise da situação atual para conhecer os principais problemas que enfrentam os idosos que fazem atividades *outdoor* assim como os cuidadores responsáveis por eles.

(b) Fazer o refinamento dos dados obtidos pelos sensores para evitar a redundância das medições.

(c) Identificar os objetos e atributos a partir dos dados brutos dos sensores.

(d) Criação de uma ontologia focada na identificação de eventos e possíveis situações de risco dos idosos em ambientes *outdoor*, utilizando dados dos sensores inseridos nos *smartphones* e outras fontes de informação externas.

(e) Realizar a inferência de novos eventos a partir dos dados contextuais da ontologia proposta.

3. Implementar e descrever um sistema como estudo de caso para avaliar a viabilidade do modelo proposto dentro da *Ambient Assisted Living*.

4. Realizar a avaliação da viabilidade modelo proposto através de testes iniciais centrados no usuário que meçam acurácia dos eventos inferidos levam à detecção de situações de emergência para idosos em ambieentes *outdoor*.

1.4 Hipótese

É possível identificar situações de emergência a partir do diagnóstico de novos eventos como parte do monitoramento dos idosos em ambientes *outdoor*. O uso de um modelo baseado no modelo de fusão de dados JDL aumentará a abrangência do contexto inferido e manterá níveis de precisão similares aos estudados na literatura (80% a 85%). O aumento da abrangência do contexto inferido do idoso será possível devido à fusão de dados utilizando o modelo JDL de distintos sensores dos *smartphones* (sensores ambientais, sensores de localização e acelerômetro) assim como outras fontes de informação. Essa informação do contexto possibilitará a

modelagem de uma ontologia específica onde sejam apresentadas as principais entidades envolvidas no contexto do monitoramento dos idosos em ambientes *outdoor*, para inferir novos eventos sobre seu estado.

1.5 Metodologia

O método de pesquisa empregado neste trabalho de dissertação foi de natureza quantitativa com características explanatórias e de perspectiva epistemológica interpretativista. Vamos a seguir o método de pesquisa do estudo de caso.

Na condução desta pesquisa foram realizados os seguintes passos:

- Revisão bibliográfica da literatura referente ao uso de técnicas de fusão de dados de sensores no monitoramento de idosos, principalmente sobre o uso do modelo JDL na área de *AAL*.
- Identificação dos obstáculos e barreiras das soluções propostas a serem superados para fazer uma inferência do ambiente dos idosos com uma boa precisão e muito mais abrangente.
- Realizar uma etapa de análise da situação atual.
- Estudar as ontológias genéricas existentes na área de monitoramento a idosos usando sensores para fazer a modelação da ontologia específica de nosso problema, orientada à fazer a identificação de situações de emergência a partir do diagnóstico de eventos relacionados às atividades dos idosos em ambientes *outdoor*, utilizando dados dos sensores inseridos nos *smartphones* e outras fontes de informação externas.
- Criação de um mecanismo de inferência para gerar novos eventos derivados a partir da fusão dos dados dos sensores e outras fontes de informação.

- Descrição dos componentes de um sistema como estudo de caso dentro da área de de *Ambient Assisted Living*, para avaliar a viabilidade das características do modelo proposto.
- Implantação in situ do sistema desenvolvido para a realização de testes.
- Realizar uma análise da viabilidade do modelo proposto através de um teste inicial centrado no usuário através da coleta de dados dos sensores para medir a acurácia dos eventos inferidos que conduzem à detecção de situações de emergência para idosos que fazem atividades *outdoor*.
- Apresentação dos resultados levantados com a análise dos dados.

1.6 Organização do trabalho

Esta Dissertação do mestrado está composta por seis capítulos e organizada da seguinte forma:

- **Capítulo 1: Introdução.** Apresentar a motivação para o desenvolvimento desta dissertação de mestrado e resumir as nossas contribuições. (Capítulo atual)
- **Capítulo 2: Conceitos fundamentais e revisão da literatura.** Este capítulo tem como objetivo satisfazer o primeiro objetivo deste trabalho. Serão explicados os conceitos fundamentais que suportam esta pesquisa, apresentando uma visão geral das principais teorias nas quais este trabalho está ancorado: *Ambient Intelligence*, *Ambient Assisted Living*, Fusão de Informação e o Modelo JDL. Nesse capítulo também serão descritas experiências bem sucedidas que implementam técnicas de fusão de dados no âmbito da AAL, as quais serviram de base para o desenvolvimento da proposta desta dissertação. Apresenta-se quatro trabalhos relacionados ao monitoramento de idosos em ambientes *outdoor*, destacando suas principais características e

funcionalidades, assim como as contribuições e limitações que contribuíram para abordar nossa proposta no capítulo 3.

- **Capítulo 3: Modelo de fusão de dados para *AAL* em ambientes outdoor** Este capítulo corresponde ao segundo objetivo desta pesquisa, e sua finalidade é descrever o processo de desenvolvimento do modelo de fusão de dados para fazer o diagnóstico de situações de risco para idosos em ambientes *outdoor*, no contexto de *AAL*.

- **Capítulo 4: Sistema de monitoramento de idosos em ambientes outdoor** Este capítulo persegue cumprir o terceiro objetivo deste trabalho. Será descrito *SafeRoute*, um sistema experimental de monitoramento de idosos para ambientes *outdoor*, desenvolvido como ferramenta capaz de auxiliar a instanciação das características do modelo proposto. Nesse capítulo serão descritos os dados suportados pelo sistema, a Arquitetura que guiou a implementação, juntamente com a apresentação das interfaces desenvolvidas e a descrição de cada componente do sistema.

- **Capítulo 5: Avaliação** Este capítulo corresponde ao quarto objetivo deste trabalho e pretende fazer uma avaliação da viabilidade do nosso modelo de fusão de dados, baseada em experimentos iniciais com um conjunto de idosos que utilizaram o sistema proposto no capítulo anterior para medir a acurácia na detecção das situações de emergência a partir dos eventos inferidos pelo modelo proposto.

- **Capítulo 6: Conclusões** Discutir as contribuições e limitações da nossa abordagem, apresentando também alguns tópicos para trabalhos futuro.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Neste capítulo, são apresentados os principais conceitos pertinentes a este trabalho. Primeiramente, na seção 2.1 e 2.2, nós descrevemos os principais conceitos relacionados com *Ambient Intelligence* e *Ambient Assisted Living (AAL)*. Na seção 2.3 explicamos os principais conceitos relacionados à fusão de dados e a relação destes conceitos dentro do domínio de *AAL*. Na seção 2.4 são estudados alguns dos modelos mais importantes na área de Fusão de Dados, analisando em cada caso as suas vantagens e desvantagens. Na seção 2.5 são estudadas algumas pesquisas que implementam mecanismos de fusão de dados a partir de distintos sensores para inferir novos conhecimentos sobre o estado do usuário. Finalmente, na última seção são discutidas as principais problemáticas do estado da arte atual e são analisadas as contribuições e limitações das pesquisas estudadas.

2.1 Ambient Intelligence

Ambient Intelligence(AmI) é um paradigma que representa a visão futura da computação inteligente, onde os ambientes responderão à presença das pessoas que estão dentro deles fornecendo apoio computacional [2]. *AmI* procura reduzir o tamanho dos dispositivos que formam parte da infraestrutura desse ambiente chamado inteligente, o qual será sensível ao contexto para assistir às pessoas que estão

nele. Um ambiente inteligente pode ser definido como: *um ambiente com a capacidade de adquirir e aplicar conhecimentos sobre o meio ambiente e seus habitantes, a fim de melhorar as suas experiências no contexto desse mesmo ambiente* [62].

Os sistemas de *AmI* são sistemas inteligentes com características especiais [2]:

- Estar cientes do ambiente (devem estar cientes do contexto atual e se adaptar autonomamente ante os câmbios do ambiente).
- Ter reconhecimento personalizado (devem ser capazes de reconhecer às pessoas e adaptar seu comportamento às suas necessidades).
- Devem se antecipar os desejos das pessoas (devem se antecipar tanto quanto seja possível sem a interferência da própria pessoa).
- Serem adaptáveis (o comportamento do sistema deve poder mudar em resposta às ações de uma pessoa e do ambiente).
- Ser onipresentes (o sistema deve estar incorporado e integrado no ambiente cotidiano das pessoas de uma maneira não intrusiva).
- Ser transparentes (os dispositivos são cada vez menores, mais conectados e mais integrados no ambiente, a tecnologia desaparece no entorno, somente a interface do usuário permanece perceptível pelos usuários, permitindo formas inovadoras de interação humano-computador).

Na última década, tem existido um grande interesse em temas de pesquisas relacionados com as diferentes tecnologias *AmI*. Particularmente, existem vários trabalhos de pesquisa que procuram a criação de ambientes inteligentes para a melhoria do conforto e segurança para os moradores dentro das suas próprias casas, bem como para a gestão e conservação de energia nesses ambientes. Projetos iniciais como *MavHome* [13], *Gaia*[41], *HomeLab* [40] e *EasyLiving* [11] introduziram este conceito que foi melhorado ao longo dos anos através de abordagens mais bem definidas como o caso de *PESSOA* [52], *AMIGO* [52], *SM4ALL* [6] e*CASAS*

[17]. Em relação com os projetos para outros espaços inteligentes como os locais de trabalho, *NIST Smart Space* [50] representa um exemplo bem sucedido, onde o espaço que será monitorado pode ser ocupado por diferentes usuários fazendo seu trabalho diário.

2.2 Ambient Assisted Living

As tecnologias de assistência à vida baseadas em Inteligência Ambiental são chamadas ferramentas de *Ambient Assisted Living (AAL)* e estão focadas no desenvolvimento de produtos, sistemas e serviços inovadores baseados nas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) para permitir que as pessoas na terceira idade se sintam seguras em casa e na comunidade. As tecnologias de AAL têm experimentado um interesse crescente devido ao aumento da demanda de serviços de cuidados domiciliares e ao aumento dos custos destes serviços de saúde. Os sistemas de AAL são complexos de construir, utilizar e manter devido à heterogeneidade dos dispositivos e ao dinamismo dos diferentes ambientes, por exemplo, ambientes onde se quer monitorar moradores individuais e outros com vários moradores.

Outra das principais preocupações dessas pesquisas surge de como oferecer conforto e segurança para os idosos, que precisam de uma vida independentemente sem a presença constante dos cuidadores e familiares. São empregadas diferentes tecnologias para apoiar a assistência dos cuidados de saúde para idosos, tais como a vigilância da saúde [25], assistência às atividades diárias de [22] e presença remota do cuidador [23]. No entanto, os sistemas de AmI focados na assistência de saúde para idosos e pessoas com deficiências em casa tem requerimentos técnicos específicos que são discutidos em detalhes em [52].

Em função desses requerimentos, estes sistemas estão baseados nas necessidades dos idosos e pessoas com deficiências, procurando fornecer para eles uma vida com o mais alto nível de independência, o que representa um dos principais obje-

tivos da *Ambient Assisted Living (AAL)*. Nesse contexto, *AAL* pode ser definida como *o uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC) na vida diária das pessoas e os seus ambientes de trabalho para ajudá-los a permanecer ativos por muito tempo, socialmente conectados e vivendo de uma forma independente a idades avançadas* [37] As tecnologias baseadas em *AmI* procuram aumentar a sensação de segurançã nos idosos, a prevenção de acidentes e a melhoria das condições de saúde e conforto dos idosos, mas embora o foco esteja em apoiar os idosos, essas tecnologias também procuram fornecer segurança a pessoas com deficiências físicas e cognitivas, para permitir uma melhor comunicação entre essas pessoas que precisam de cuidados especiais com os seus parentes e amigos.

As pesquisas nessa área têm sido cada vez maiores no mundo inteiro, por exemplo, a União Européia tem investido desde 2008 cerca de 600 mil dólares no projeto *Ambient Assisted Living Joint Programme*, que inclui múltiplos projetos de pesquisa e inovação que procuram soluções para uma vida autônoma ante o envelhecimento da população em Europa. Essa iniciativa se concentra em desenvolver produtos e serviços inovadores e sistemas baseados nas TICs para fornecer ajuda aos idosos nas suas casas, na comunidade e nos seus locais de trabalho. [5] Mas o fenômeno do envelhecimento da população tem alcance global, por exemplo, no Brasil, em 2013, foram contados cerca de 14,9 milhões de idosos, o que representa 7,4% da população total, com uma previsão de chegar a 26,7% (cerca de 58,4 milhões) em 2060 [24]. Esse cenário evidencia a importância de desenvolver esse tipo de tecnologias em Brasil.

Nesse contexto, os serviços *AAL* são definidos como uma composição de um ou mais recursos encarregados de cobrir as necessidades específicas dos idosos ou com deficiências, lhes permitindo viver de uma maneira independente. Um serviço *AAL* pode ser classificado em quatro categorias:

- Serviços *AAL* para permitir a inclusão social e o intercâmbio de experiências.
- Serviços *AAL* de apoio aos idosos em suas atividades da vida diária.

- Serviços AAL de apoio a idosos a se sentirem mais seguros, e ajudar seus familiares para gerenciar situações de risco.
- Serviços AAL para apoiar aos idosos fora de suas casas.

A principal diferença entre os sistemas de AmI e os serviços AAL está em que estes atendem os requisitos inerentes às necessidades dos idosos de manter seu senso de independência [52].

Outro critério de classificação dos serviços AAL é o relacionado ao ambiente onde ele se desenvolve: *indoor* ou *outdoor*. Os sistemas que fazem assistência a idosos em ambientes *indoor* têm bem definido os locais onde este monitoramento é feito: casas, apartamentos, escritórios, academias e residências para a terceira idade. Estes sistemas são construídos normalmente sobre instalações de *hardware* e *software* reconhecidos, tendendo a proporcionar um ambiente estável. Exemplos de tais sistemas podem ser: sistemas que fornecem assistência para cozinhar, assistência para a tomada de medicação, serviços para encontrar objetos perdidos e serviços de previsão de emergências.

No entanto, os sistemas de AAL não estão focados apenas sobre a base de cuidados da saúde em ambientes controlados como, dentro das casas, eles também procuram aumentar a qualidade de vida, a autonomia, a independência, e a participação na vida social dos idosos [55]. Os sistemas de AAL que fazem assistência outdoor apoiam às pessoas durante suas atividades fora de casas: fazer compras, viajar, e outras atividades sociais. Esses sistemas enfrentam condições ambientais altamente instáveis, como a acessibilidade os serviços de rede, a disponibilidade de comunicação sem fio e a aquisição de informações do contexto. Exemplos de tais sistemas podem ser: serviços de assistência às compras, sistemas para a assistência bancária e sistemas de orientação. Além disso, um dos principais desafios para os sistemas AAL *outdoor* é lidar com idosos que tem dificuldades para caminhar, e procurar o melhor jeito de lhes ajudar a participar em atividades fora de suas casas[33].

A complexidade dos sistemas de *AAL* requer uma gestão eficiente do fluxo de informações que é compartilhada pelos diferentes serviços envolvidos. Além disso, a crescente complexidade das redes de sensores e atuadores requer a combinação de possíveis informações ambíguas, pelas quais o uso de técnicas de fusão é uma das variantes mais usadas [29]. Resulta de uma grande importância fazer uma estimativa e previsão dos eventos da realidade no dia a dia dos idosos a partir dos dados que fornecem os distintos sensores em ambientes que são geralmente imprevisíveis. Para atingir este objetivo é preciso obter informação dos dados dos sensores e fazer uma correta inferência do contexto para detectar, prevenir e agir ante situações de emergência. A área de Fusão de Dados e Informações (DIF) estuda as teorias e métodos de investigação para combinar dados de vários sensores e informações como uma avaliação da situação para alcançar inferências do contexto mais específicas que usando sensores simples e independentes.A DIF define os distintos eventos a serem reconhecidos (*situation assessment*) assim como estima e prediz os eventos da vida real (i.e., a agregação das relações entre as entidades e as suas implicações para os estados das entidades afins) [45].

2.3 Fusão de Dados em Ambient Assisted Living

A Fusão de dados foi definida como *"um processo para lidar com a associação, correlação e combinação de dados e informações provenientes de múltiplas fontes para alcançar estimações refinadas da posição e identidade. A Fusão de dados procura fazer avaliações oportunas e completas de situações e ameaças, e seu significado. O processo é caracterizado por contínuos refinamentos das estimativas e avaliações, e da avaliação da necessidade de fontes adicionais, ou a modificação do processo em si mesmo, para conseguir resultados melhorados"* [17]

Pode-se argumentar que existem quatro categorias de informações que podem ser aplicadas a qualquer problema de Fusão da Informação: os dados observados, modelos de conhecimento a priori, conhecimento aprendido indutivamente e infor-

mações contextuais. São reconhecidos os bons funcionamentos desta abordagem em domínios ou problemas bem estudados, mas não pode se esperar um comportamento igual em problemas que modelam um comportamento mais complexo e imprevisível ou em problemas onde a influência do contexto é importante ou crítica. Por outra parte, o uso somente das técnicas clássicas de fusão baseadas em dados observados e em modelos de conhecimento a priori tem demonstrado ser insuficiente para reconhecer satisfatoriamente situações em cenários complexos e imprevisíveis [45].

No entanto, o contexto é definido como um conjunto de acontecimentos ao redor de uma situação de interesse que é potencialmente relevante em sua totalidade [29]. No caso dos sistemas de AAL, que fazem inferência a partir do contexto de um determinado usuário para detectar situações de risco, especificamente em ambientes *outdoors*, resulta de interesse (1) o tempo de ocorrência e a localização do evento (2) a informação armazenada com anterioridade (3) informação fornecida pelos próprios usuários.

Os modelos simbólicos têm sido aplicados comumente para adquirir, representar e explorar o conhecimento produto da fusão. Nos últimos anos, o interesse em ontologias tem incrementado consideravelmente, sendo o seu uso cada vez mais frequente, [42], [59], e [56] são exemplos bem sucedidos que podem ilustrar importância das ontologias no domínio da Fusão de Dados dentro da AAL para modelar um contexto e fornecer assistência para os idosos. Primeiramente, com $COMANTO$[42], os autores centraram-se na criação de uma ontologia genérica baseada em um contexto geral de localizações, explicando as inter-relações entre os diferentes conceptos para situações não específicas em ambientes distribuídos e não intrusivos. Como se pode ver na Figura 2.1 os autores modelam a classe *Person*, que corresponde a todas as entidades humanas e tem várias propriedades que representam as relações com o contexto, como *friendOf*, para representar as associações de *Person* a *Person*. Outras classes importantes nesta ontologia são *Place* que representa uma abstração de um espaço físico, *Physical Object*, *Sensor* e

Preferences. A classe *Time* modela as informações relacionadas ao tempo atual e serve como *timestamp* para a informação do contexto que podem mudar ao longo do tempo.

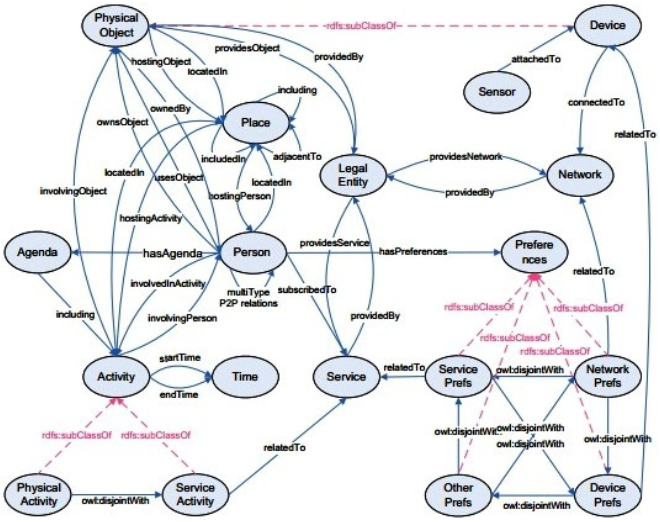

Figura 2.1: Ontologia COMANTO
[42]

CONON [59] é outra ontologia criada para fazer a modelagem do contexto em ambientes de computação não intrusiva. Na Figura 2.2, mostra-se as entidades *Location*, *User*, *Activity* e *Computational Entity* como as entidades do contexto fundamentais definidas pelos autores para capturar as informações sobre a situação de execução.

Geralmente um evento é definido como um conceito genérico ligado com os atores da ontologia mediante às suas correspondentes propriedades. Em relação às ontologias relacionadas com eventos, em sua maioria, representam a três aspectos-chave de um evento: quando e onde um evento pode acontecer e quem está participando do evento. Por exemplo, na Figura 2.3 são apresentadas as entidades, propriedades e restrições da ontologia SEM [56], pode se observar como a classe *Event* é associada com *Actor*, *Place*, e *Time*. Cada uma dessas classes está associada com a classe *Type* que é usada para ajudar a fazer implementações globais por outras ontologias promovendo uma reutilização do vocabulário padrão existente.

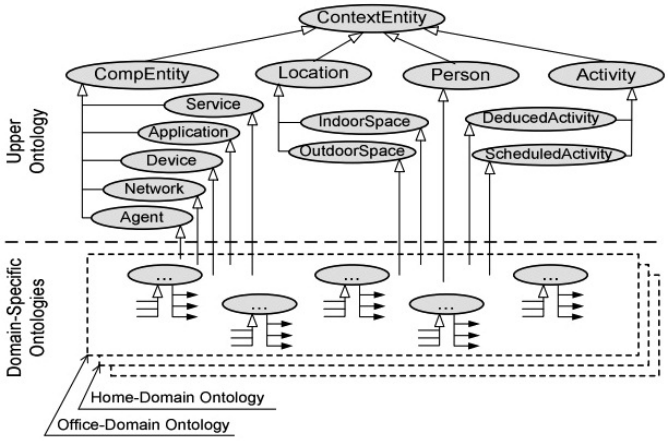

Figura 2.2: Definicão parcial da ontologia CONON de alto nível [59]

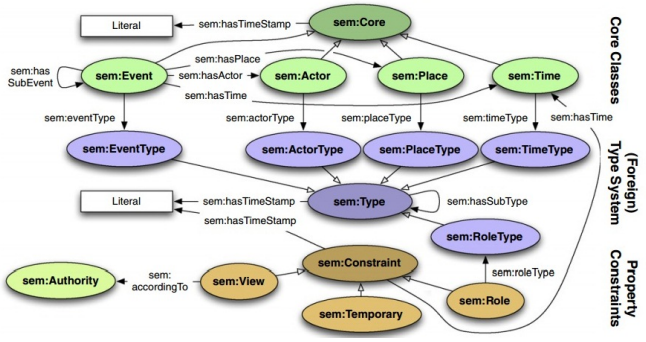

Figura 2.3: Ontologia *Simple Event Model* (SEM) [56]

2.4 Modelos de Fusão de Dados

A implementação de um sistema de fusão de dados é uma tarefa complexa e, durante este processo, surgem questões importantes como as relacionadas com a análise de requisitos, a seleção dos sensores, da arquitetura e dos algoritmos. Além disso, é importante levar em consideração a implementação do *software* e a avaliação do estudo em questão. Para tentar atender a todas essas etapas com sucesso foram desenvolvidos vários modelos de fusão de dados que têm sido utilizados parcialmente com sucesso, em diferentes aplicações relatadas na literatura. Os autores

coincidem em destacar como entre os mais bem sucedidos ao Modelo de Fusão de Dados JDL ([10], [15], [8]), o Modelo *Waterfall* ([44], [9]) e o Modelo de Fusão de Thomopoulos ([16]).

2.4.1 Modelo de Fusão de Dados JDL

O Modelo de Fusão de Dados JDL é um dos modelos mais utilizados na área de fusão de dados, sendo considerado um modelo abstrato, não uma diretriz para implementar arquitetura de informação de fusão [10]. Foi definido nos primeiros anos da fusão de dados pelo Grupo de Fusão de Dados *Joint Directors of Laboratories (JDL)*, um grupo pertencente ao Departamento de Defesa dos EUA para auxiliar o desenvolvimento de aplicações militares. O Modelo de Fusão de Dados JDL está composto por cinco níveis de processamento de dados e um banco de dados, todos interligados por um canal de comunicação. Os níveis não precisam ser executados em uma ordem estrita e podem também ser executados concorrentemente. Em [21] são descritos os níveis onde a fusão de dados é realizada (Figura 2.4):

- Nível 0 (Pré-processamento ou refinamento do sinal): Nesse nível é feita a estimação e previsão dos estados observáveis baseada na associação e caracterização dos dados a um nível de sinal dos sensores. A fim de fornecer uma descrição eficiente dos dados, nesse nível é feito um pré-processamento para remover o ruído e a redundância nas medições e a alocação de dados com os processos apropriados, com o objetivo de reduzir a carga de processamento na fusão nos próximos níveis.

- Nível 1 (Refinamento dos Objetos): O principal objetivo deste nível é a combinação dos dados adquiridos pelo nível 0 e fazer a identificação e localização dos objetos a partir de distintos atributos. As etapas incluídas nessa fase são:

  (A) Alinhamento: Envolve o processamento das medições dos sensores para alcançar uma base de tempo comum e uma referência espacial comum.

(B) Associação: Processo no qual a proximidade da medição do sensor é concluída.

(C) Correlação: Processo de tomada de decisão que utiliza uma técnica de associação como base para fazer a alocação das medições do sensor com uma posição fixa ou localização de uma entidade.

(D) Rastreamento da Correlação: Processo que emprega geralmente correlação e processos de fusão dos componentes para transformar as medições dos sensores em estados e medições de covariância para o rastreamento da entidade.

(E) Classificação: Processo pelo qual é estabelecido um certo nível de identidade para os membros de uma classe (tipos de dados dos atributos, posição, estados de alerta, etc.)

- Nível 2 (Refinamento da Situação): Nesse nível é construída uma imagem da informação incompleta fornecida pelo Nível 1, procurando relacionar as entidades construídas com eventos observados. Estas entidades são associadas com dados ambientais e de desempenho.

- Nível 3 (Avaliação de Impacto): Este nível interpreta os resultados dos níveis anteriores (conhecimento a priori) em termos de estimação e previsão dos efeitos das ações previstas pelos participantes. Esse nível tenta fazer inferências, analisando as vantagens e desvantagens em tomar uma ação em detrimento de outras.

- Nível 4 (Refinamento dos processos): Esse nível é um meta processo que tem como objetivo principal fechar o ciclo do modelo. Para atingir esse objetivo nesse nível é monitorado o desempenho dos níveis anteriores, reassinando os recursos e fechando os objetivos. Além disso, neste nível, são identificadas fontes potenciais para a melhoria da informação e é otimizada a localização dos sensores. Outras formas auxiliares de atingir esse objetivo consistem na

inclusão de um sistema de gerenciamento de dados para armazenar os dados pré-processados que são o resultado da interação homem-computador.

Outros componentes que compõem o Modelo JDL são os seguintes [15]:

- Fontes: Fornecem informações a partir de uma variedade de fontes de dados (sensores, informações *a priori*, bancos de dados, dados fornecidos manualmente pelas pessoas).
- Sistemas de gerenciamento de banco de dados: O seu objetivo é monitorar, avaliar, adicionar, atualizar e fornecer informações para os processos de fusão.
- Interface homem-computador: Fornece uma interface para a entrada de dados pelas pessoas e para a comunicação dos resultados da fusão para operadores e usuários.

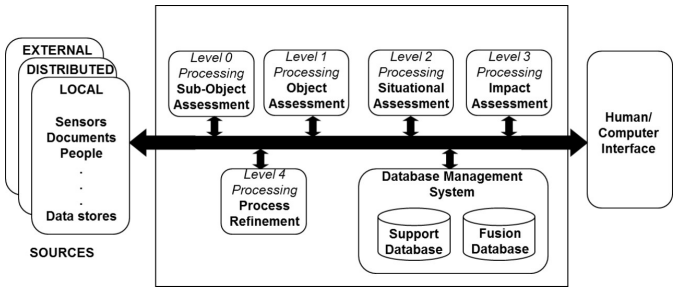

Figura 2.4: Modelo JDL de Fusão de Informação [31]

2.4.2 Modelo *Waterfall*

O modelo *Waterfall*, foi proposto por [27] (ver Figura 2.5). Esta arquitetura enfatiza as funções de processamento sobre os níveis mais baixos, levando o fluxo de dados do nível de dados até o nível da tomada de decisão. A relação entre os níveis do modelo *Waterfall* e os níveis do JDL é a seguinte:

I Nível Sensoriamento e processamento do sinal: É o equivalente ao nível 0 do Modelo JDL. Os dados em bruto são transformados em informações relevantes sobre o meio ambiente. Para alcançar este objetivo, o modelo do sensor e, se for possível, dos fenômenos que estão sendo medidos são necessários.

II Extração de características e processamento de padrões: Corresponde ao nível 1 do Modelo JDL, está composto pela extração e fusão das características extraídas no nível anterior para obter inferência a nível simbólico sobre esses dados. A saída desse nível é uma lista com as probabilidades (e crenças) associadas a essas características

III Avaliação da Situação: Semelhante ao nível de Refinamento da Situação (nível 2 do Modelo JDL) e o nível da Tomada de Decisão (nível 3 do Modelo JDL). Este nível relaciona os objetos com os eventos, as possíveis ações são definidas de acordo com as informações que têm sido recolhidas, as bibliotecas, os bancos de dados disponíveis, e informações relacionadas com a interação humana.

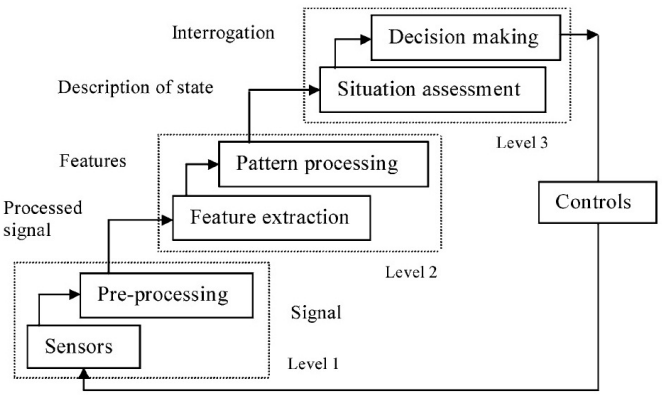

Figura 2.5: Modelo *Waterfall*
[16]

2.4.3 Modelo de Fusão de Thomopoulos

Thomopoulos propôs um modelo diferente não estritamente ligado a aplicações militares [54], mas focado no campo da robótica. O modelo proposto consiste em uma arquitetura genérica e um *framework* analítico para abordar a fusão de dados em três níveis de processamento de dados: nível do sinal, nível de evidência e nível de dinâmica.

A arquitetura *Thomopoulos* (Figura 2.6), além do modelo, também descreve as funções de cada uns dos níveis [18].

- Nível de fusão do sinal: A correlação dos dados ocorre através da aprendizagem devido à falta de um modelo matemático para descrever o fenômeno que está sendo medido.
- Nível de fusão da evidência: Os dados são combinados em diferentes níveis de inferência em base a um modelo estatístico e a avaliação do usuário para inferir localmente as informações
- Nível de dinâmica: Fusiona os dados de uma forma centralizada ou descentraliza, assumindo que o modelo matemático é conhecido.

Esse modelo apresenta a vantagem de ser dividido em módulos que são facilmente testados e reutilizados por outros aplicativos. Dependendo da aplicação, os níveis de fusão podem ser implementados de uma forma sequencial ou não. Por exemplo, se o objetivo é fazer vigilância da saúde contínua, a fusão dos dados poderia ser feita ao nível do sinal, mas para uma fusão de ordem mais elevada (por exemplo, fusão de evidências) deveria ser aplicada no caso de ser necessário ter ampla gama de decisões a partir dos sinais. Além disso, *Thomopoulos* destacou que qualquer sistema de fusão de dados deve considerar três critérios essenciais para alcançar um desempenho desejado na fusão de dados [16]:

- Unanimidade a respeito da informação fusionada.

- Unanimidade a respeito dos custos envolvidos.
- Robustez a respeito a qualquer incerteza *a priori*.

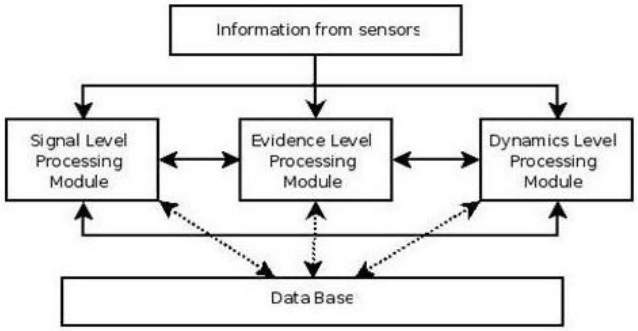

Figura 2.6: Arquitetura de Fusão de Dados *Thomopoulos* [18]

2.5 Trabalhos correlatos

2.5.1 Papliatseyeu

Os autores de [35] apresentam um trabalho que tem como objetivo o reconhecimento de atividades dos usuários usando móveis tanto em ambientes *indoor* como *outdoors*. A contribuição dessa pesquisa reside no fato de que ao contrário de outros trabalhos que somente usam *GPS* para fazer a localização do usuário, os autores propõem fazer a fusão dos dados que são fornecidos pelos métodos de posicionamento sem fio, disponíveis nos *smartphones* atuais (*GPS, GSM, Wi-Fi*). Além disso, o sistema proposto tem o objetivo de aumentar a disponibilidade e oferecer uma maior acurácia sem precisar muita calibração. Os autores conseguem mostrar que é possível melhorar os algoritmos de extração com estas fontes de informação de posicionamento adicionais. Além disso, o trabalho descreve uma abordagem para o reconhecimento e rotulagem automática de locais importantes, previsão de atividades periódicas e detecção de mudanças no comportamento. Os

autores do trabalho deixam questões abertas relacionadas à detecção de atividades e locais, bem como outras relacionadas à detecção de alterações no comportamento ou o reconhecimento de atividades periódicas ou a manipulação de dados incertos e complexos.

Método de fusão de informação: A novidade desta abordagem é a fusão de dados a partir de distintos métodos de posicionamento (*GPS, GSM, Wi-Fi*) e o histórico do movimento do usuário, o que fornece uma maior precisão e cobertura. Os autores dividiram a sua abordagem relacionada com a fusão destes em três aspectos, procurando identificar novos tipos de atividades e melhorar o desempenho do reconhecimento:

- Posicionamento híbrido e reconhecimento de locais

  Procurando evitar calibração que pode resultar custoso em termos computacionais, os autores propõem um posicionamento híbrido composto pelos locais que poderão ser reconhecidos a partir das impressões digitais do usuário, combinado com as coordenadas geográficas quando estejam disponíveis. Isto permitirá fazer inferências baseadas em geo-codificação reversa. Além disso, eles propõem fazer uma classificação de locais importantes tanto em *indoor* como *outdoor* segundo sua "importância", levando em consideração o aumento da disponibilidade de informações de posicionamento que permite reconhecer estes locais com uma alta precisão. A solução proposta é um algoritmo de extração de localizações que utilize classificação com a inclusão de decisão binária para definir se um local é significativo ou não.

- Extração e previsão de localizações

  O sistema propõe usar posicionamento simbólico através de rotulagem dos locais com nomes pessoalmente significativos. As opções que eles oferecem para atingir esse objetivo são: a) Rotulagem manual do local por parte do usuário. b) Para os usuários que normalmente agendam suas reuniões usando a agenda do telefone, normalmente, a descrição da reunião inclui algum tipo

de campo "localização", onde o usuário digita o nome personalizado do local da reunião e o algoritmo de rotulagem poderia atribuir o nome correspondente ao local, junto com o grau de confiabilidade de que esse seria o nome apropriado. c) Disponibilizar a informação na Internet para outros usuários pode evitar a rotulagem manual repetitiva de locais públicos. Segundo os autores, essas informações de posicionamento junto com as regras básicas de inferência pode substancialmente alargar a gama de atividades reconhecíveis.

- Reconhecimento das atividades

  A proposta para atingir o problema do reconhecimento das atividades consiste em uma abordagem de auto avaliação para a detecção de mudança de comportamento. Os autores sugerem que para sistemas que estão disponíveis em tudo momento seja possível verificar constantemente quando as previsões se tornam realidade, em um certo intervalo de tempo. Assim, se o número de erros se incrementa para um período, isso pode indicar alterações na agenda do usuário. Além disso, a disponibilidade do histórico do posicionamento mais a informação categorizada pode oferecer a possibilidade de predizer locais inéditos.

2.5.2 Sendra et al

O trabalho proposto por [48] consiste em um sistema inteligente e colaborativo para monitorar o estado dos idosos, quando eles estão se movendo em uma área rural ou uma cidade, mas também dentro de uma casa ou outra localização *in-door*. O sistema baseia-se nos sensores incorporados aos *smartphones* que os idosos carregam e tomam em consideração o estado do meio ambiente e comparam o estado dos seus vizinhos para ajudarem no processo de tomada de decisões. A ideia principal consiste em medir os valores dos sensores dos dispositivos vizinhos de um idoso que está sendo monitorado e comparar se a mudança dos valores dos sensores do seu *smartphone* é diferente dos valores dos sensores incorporados aos *smartphones* dos seus vizinhos.

O cenário de simulação é mostrado na Figura 2.7. Inicialmente, o dispositivo móvel do usuário que está sendo monitorado produz um evento e, antes de emitir um alerta, cada um dos dispositivos móveis dos vizinhos verifica se os seus valores excedem os valores permitidos ou se os seus parâmetros têm variações de estados anteriores. Se algum desses casos acontecer, o valor local que gerou o alerta será comparado com os dos seus vizinhos mais próximos. Se houver uma similitude nos valores, o dispositivo gerará uma mensagem de alerta ao supervisor. Alguns dos eventos que o sistema é capaz de detectar são os seguintes:

- Detecção de quedas.
- Medição da distância entre a pessoa que está sendo monitorada e o grupo, com a emissão de alertas quando esta distância aumenta ou a direção muda.
- Detecção dos pedidos de ajuda da pessoa monitorada, tentando neutralizar o ruído do local.
- Detecção de possíveis doenças na pele, produto da exposição excessiva à luz solar.

O sistema usa um número variado de sensores (sensor de proximidade, sensor de luz, sensor magnético, microfone, bússola, giroscópio, acelerômetro, GPS, barômetro, sensor de temperatura ambiental), mas apenas com o objetivo de detectar se o idoso cai, troca de posição, ou se houver muita luz solar, entre outros. Não com o objetivo de inferir possíveis situações de risco. Uma dificuldade muito comum neste tipo de sistemas tem a ver com as condições adversas em que podem ser desenvolvidos, como por exemplo, a falta de conectividade. Para lidar com esse problema, são comparados quatro dos protocolos *ad hoc* de rede mais utilizados, para mostrar quais são os mais convenientes para encarar esse caso em particular. O trabalho também apresenta medições em situações reais, para um número médio de pessoas deficientes ou idosos, incluíndo entre estes o pior caso, quando os

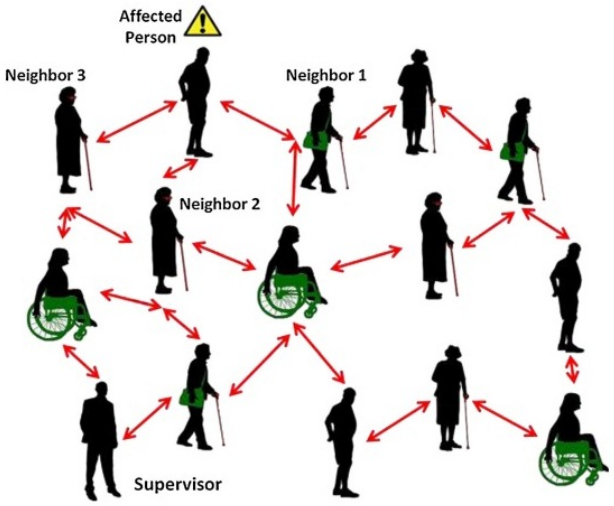

Figura 2.7: Rede colaborativa de segurança
[48]

idosos estão se movendo em um lugar desconhecido, e são mostradas as decisões correspondentes.

Método de fusão de informação: Os autores apresentam um algoritmo inteligente para a tomada de decisões o que, por sua vez, é composto por outros três algoritmos subalternos (Algoritmo de decisão inteligente, Algoritmo de monitoramento e Algoritmo de recompensa). Inicialmente é executado o Algoritmo de decisão inteligente que invoca constantemente o Algoritmo de monitoramento para acompanhar o estado atual do dispositivo e da ação que está sendo executada. Quando a ação escolhida termina de ser executada o Algoritmo de decisão invoca ao Algoritmo de recompensa a fim de obter o resultado ou recompensa por executar essa ação. Neste ponto, o usuário pode determinar se o resultado foi um falso positivo, possibilitando o aprendizado do sistema para a próxima vez. Para completar o ciclo, o sistema atualiza a utilidade da ação realizada.

Os alarmes são gerados a partir da combinação dos valores dos sensores do dispositivo e depois de considerar as respostas recebidas dos vizinhos. A política de alarmes implementada no sistema segue um Processo de Decisão de Markov (MDP)

e de aprendizado por reforço. Os autores usam uma técnica que de aprendizagem por reforço Q-Learning para permitir que o sistema possa prever um alerta antes que ela aconteça e melhorar a precisão do sistema, reduzindo a quantidade de falsos positivos. Os autores segueram uma política determinista, procurando escolher a ação certa que maximize a utilidade levando em consideração o estado atual. Os alarmes são gerados a partir da combinação dos valores dos sensores do dispositivo, mas depois de considerar as respostas recebidas dos vizinhos.

2.5.3 Abadi et al

Em [1] os autores também focaram seu trabalho na fusão dos dados fornecidos pelos sensores dos *smartphones* de múltiplos pedestres que estão caminhando em um mesmo sentido a fim de melhorar a precisão da localização. Nesse caso o sensor utilizado foi o magnetômetro e o trabalho foca-se em reduzir o erro resultante do ruído nas medições em localizações *indoor* através da fusão dos dados dos magnetômetros nos *smartphones* de vários pedestres que seguem a mesma direção.

Método de fusão de informação: Para fazer a fusão dos dados fornecidos pelos magnetômetros são usadas duas técnicas de fusão, primeiramente, a técnica de classificação bayesiana de *Naïve* e o *middleware* de fusão de Oracle, assumindo que os usuários estão conectados pelo *Wi-Fi*.

No caso da técnica de fusão Naïve é calculada a média de todas as medições de cada uma das pessoas, levando em consideração que esta técnica oferece resultados ruins no caso que a média das perturbações é distinta de zero.

No entanto, o método fornecido pelo *middleware* de Oracle é usado aqui para quantificar o melhor possível o aperfeiçoamento fornecido pela fusão de dados. O método assume que cada *smartphone* conhece sua posição atual assim como as posições estimadas dos demais *smartphones*. O método propõe que cada *smartphone* deve conhecer um limite de erro, que é utilizado para remover aquelas medições estimadas dos *smartphones* vizinhos que excedem esse valor. Se o resultado é um

número de medições não vazio, o método calcula a média destas medições, caso contrário, o método utiliza o resultado do próprio *smartphone* da pessoa que está sendo monitorada.

No trabalho, foram realizados experimentos com três pessoas em quatro localizações diferentes e foram coletadas aproximadamente 900 amostras para cada pessoa em diferentes intervalos de tempo. As duas técnicas de fusão explicadas acima foram aplicadas, sendo o erro o resultado da diferença entre os dados estimados, os resultados reais computados e o resultado de não aplicar nenhuma técnica de fusão.

Os dados recolhidos estão baseados somente no magnetômetro, e mostraram que a fusão destes dados de múltiplos pedestres tem o potencial de melhorar o erro na localização em 42.04% usando a técnica de fusão de Oracle em comparação com o 27,77% de redução do erro obtido pela técnica Naïve. Para reforçar ainda mais essa ideia, os autores usam uma técnica básica de fusão de dados (média) para três pessoas e conseguem reduzir o erro em 27,77%.

2.5.4 Blazquez

InContexto [10] é uma arquitetura distribuída de fusão de informação que utiliza o *smartphone* para recuperar informações do contexto do usuário bem como informação do próprio usuário que o carrega. A arquitetura InContexto estabelece as diretrizes para coletar informações do usuário através dos sensores fornecidos pelos *smartphones*, diferenciando os sensores em rígidos e virtuais e distribuindo a carga de processamento entre o *smartphone* e um servidor na nuvem. Além disso, a arquitetura InContexto é capaz de inferir ações físicas realizadas pelos usuários (caminhar, correr, etc.) através de uma aplicação desenvolvida em *Android*.

Método de fusão de informação: A fusão de informação foi necessária para integrar os dados dos diferentes sensores *hardsensors e softsensors* para extrair informações relevantes sobre os usuários. Os autores basearam-se no modelo JDL e

dividiram a fusão nos cinco níveis que orienta o Modelo. Eles propõem os Níveis 0 e 1 para serem implementados no *smartphone* e os demais para serem executados no servidor devido ao elevado custo computacional e às restrições de consumo de energia que implica a utilização dessas técnicas. Em relação à arquitetura distribuída de InContexto, tal como é mostrado na (Figura 2.8), está composta por dois componentes: Serviço *Web* e o Servidor do *Smartphone*, com um componente de comunicação que tem a missão de associar os *smartphones* com o servidor *back-end*. O Serviço *Web* foi desenvolvido para suportar a comunicação máquina-máquina através de uma rede, fornecendo uma interface para descrever o formato da mensagem. No entanto, o gerenciador de dispositivos permite ao Serviço *Web* visualizar e controlar os dispositivos ligados ao serviço, assim, quando um dispositivo não estiver *online*, o servidor *web* conservará o endereço IP do último dispositivo por um tempo, à espera de uma nova conexão.

Em relação os diferentes níveis do Modelo JDL, foram implementados da seguinte forma:

- Nível 0 (Pré-processamento ou refinamento do sinal):

  Os dados dos *hardsensors* dos *smartphones* são acessados através da API de *Android OS*, concretamente a classe *Sensor Manager* que fornece métodos para obter informação dos sensores do *smartphone*. *Android OS* também fornece processamento em *background* que faz com que seja possível executar diferentes serviços sem a intervenção do usuário. Além disso, um módulo de sensoriamento de baixo nível reúne continuamente informações relevantes sobre as atividades do usuário. Nesse nível, os autores também se preocuparam com a remoção de ruído e redundância nas medições. Eles argumentam que, no caso da detecção das atividades, onde são usadas as medições do acelerômetro, as frequências não são fixas e dependem do sistema operacional, no entanto, propõem armazenar os dados brutos do acelerômetro e o *GPS* em arquivos temporários com amostras de 512 unidades cada 5 segundos, 256 dos quais se sobrepõem com as amostras consecutivas.

No caso dos dados dos *softsensors* é utilizada a informação disponível nas redes sociais, como a identificação da rede social, o nome, a data de nascimento, o endereço, ou os seus contatos com outros usuários. Para acessar a informação do contexto a partir destes sensores, é preciso acessar às *APIs* fornecidas pelas redes sociais através das SNS e que o usuário esteja cadastrado no site. InContexto foi conectado primeiramente com os amigos de *Facebook* e com a agenda do *smartphone*, procurando criar laços entre distintas pessoas. InContexto utiliza *Facebook platform (FP)* como serviço de conexão para permitir que os aplicativos possam recuperar informações do SNS, FP é um *standard* aberto que descreve como os usuários podem ser autenticados de forma descentralizada, evitando oferecer serviços para sistemas específicos.

- Nível 1 (Refinamento dos Objetos):

  Nesse nível, que tem como objetivo processar e selecionar as melhores características para identificar as ações, a arquitetura InContexto propõe processar as distintas observações do acelerômetro para transformá-las em características que caracterizem as diferentes atividades do usuário. Para fazer inferência a partir das observações dos dados do acelerômetro, os autores propõem distintas técnicas, primeiramente, aquelas que usam análise de frequência (DWT, CWT, e STFT) e aquelas que usam métodos estatísticos (SMA, média, correlação, etc.). Segundo os autores, os métodos de frequência fornecem várias vantagens como resistência às variações de nível do sinal, enquanto que os métodos estatísticos são usados para distinguir tipos de atividades físicas (sedentárias, esportivas). No caso dos *softsensors*, InContexto tem como objetivo neste nível gerar meta-informações a partir de cada SNS disponível e da agenda do *smartphone*. O propósito é gerar uma meta-agenda com todos os contatos do usuário em *Facebook* e na agenda do *smartphone*.

- Nível 2 (Refinamento da Situação):

  O nível 2 agrupa e classifica as características coletadas do nível anterior,

devolvendo uma descrição das atividades atuais do usuário. Os autores escolheram a árvore de decisão J48 como algoritmo de classificação já que apresenta várias vantagens em relação com os métodos tradicionais utilizados em sensoriamento sobre *smartphones*. Eles argumentam que as árvores de decisão são rápidas raciocinando o que os torna ideais para sistemas em tempo real e são facilmente interpretáveis para desenvolvedores por causa da sua estrutura.

- Nível 3 (Avaliação de Impacto):

  Nesse nível, a arquitetura *InContexto* faz o raciocínio a um alto nível para trocar as ações recebidas do nível de reconhecimento de atividade em ações que faz o usuário. O modelo de raciocínio padrão baseado em uma ontologia permite realizar inferências baseadas em regras utilizando um motor de inferência lógica. Inicialmente, é preciso ensinar ao sistema descrevendo as regras. A ideia que propõe os autores de *InContexto* consiste em que as ações simples que faz o usuário podem inferir uma ação global que relaciona. Por exemplo, se para um usuário específico são identificadas ações de baixo nível como correr, ouvir música e o contexto informa que está no seu tempo livre, é possível inferir que o usuário está fazendo exercício.

2.6 Discussão

Neste capítulo foram revisados os conceitos e principais características das tecnologias relacionadas ao monitoramento de idosos em ambientes *outdoors*. Foram analisadas algumas aplicações que mostram o grande interesse na última década em temas de pesquisas relacionados com as tecnologias de *AmI*, especificamente aquelas orientadas à assistência para idosos e pessoas com alguma deficiência *(AAL)*. Além disso, explicou-se a importância de fazer a fusão de dados eficiente de diferentes sensores no ambiente do idoso para inferir situações de risco.

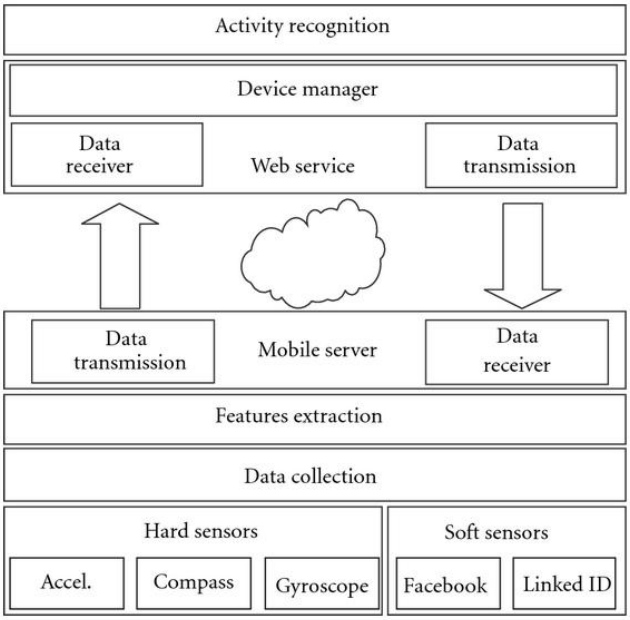

Figura 2.8: Arquitetura InContexto
[10]

Para adquirir e representar corretamente o conhecimento produto da fusão dos sensores, é muito importante modelar corretamente o contexto do idoso. A inferência de novos conhecimentos é resultado de conhecer um conjunto de acontecimentos em sua totalidade ou parcialmente tais como: perfil do idoso, informação sobre o contexto (localização, estado do ambiente), evento ou atividade que realiza o idoso, ações de resposta em caso de emergência, etc. Os modelos ontológicos têm sido usados cada vez mais frequentemente nos últimos anos no domínio da Fusão de Dados dentro da *AAL*. No entanto, ainda quando os modelos ontológicos estudados abrangem quase todos os elementos de interesse no monitoramento de idosos em ambientes *outdoors*, faltam alguns elementos importantes que não são abrangidos. Por exemplo, a ontologia apresentada em [42] modela entidades e relações muito importantes no contexto da localização do usuário, mas é definida muito genericamente e não inclui o evento como entidade do contexto. [59], a por sua vez, foca-se na modelagem de ambientes não intrusivos mais específicos,

esta ontologia inclui as entidades *Activity* e *Computational Entity* mas não inclui entidades relacionadas com as ações de resposta ante determinadas atividades consideraras de risco. No caso de [56], foi uma ontologia pensada para ser reutilizada por outras ontologias mais especificas, mas fazem muito ênfases na modelagem dos eventos associados com os atores, localizações e o tempo, esquecendo igualmente a modelagem das ações de resposta.

Por outra parte, existem diferentes modelos que procuram analisar os requisitos, organizar e avaliar o processo de fusão de dados. Foram analisados três modelos bem sucedidos: o Modelo de Fusão de Dados JDL, o Modelo *Waterfall* e o Modelo de Fusão de *Thomopoulos*. Apesar de sua origem e utilização no domínio militar, o modelo JDL tem sido muito popular em diferentes sistemas de fusão já que pode ser aplicado também para fins comerciais e pode ser utilizado para categorizar processos relacionados com os sistemas de fusão. Primeiramente, [51] propus fazer a revisão do modelo original, para ampliar o modelo funcional além do foco militar. Outra modificação proposta ao modelo foi o caso de [21], que mostrou que o modelo não abordava a fusão multi-imagem e melhorou seu escopo apresentando uma extensão que incluía a fusão de dados de imagem. Outra modificação importante ao modelo foi proposta em [36], onde os autores propõem integrar dados brutos com dados pré-processados através de um *framework* que combine os três primeiros níveis em uma estrutura de dados de caixa preta. No entanto, o modelo JDL apresenta algumas desvantagens como sua orientação centrada nos dados ou centrado na informação, o que torna difícil a reutilização de aplicações construídas com esse modelo. Além disso, o modelo orienta ao desenvolvedor de um jeito muito básico sobre os métodos que devem ser utilizados para fazer a fusão de dados. Enquanto que o processo de análise no Modelo *Waterfall* é mais exato do que o processo de fusão do que em outros modelos, sua principal limitação resulta a omissão de qualquer fluxo de dados de *feedback* ao contrário do Modelo JDL, onde todos os níveis estão interligados. O Modelo *Waterfall* tem sido utilizado na fusão de dados na área militar, majoritatiamente na Grã-Bretanha, mas não tem sido desenvolvido significativamente em outras áreas [16]. Por outro

lado, o modelo de *Thomopoulos* apresenta algumas desvantagens que devem ser levadas em consideração, como o atraso na transmissão de dados, erros no canal e aspectos nas comunicações como o alinhamento espacial/temporal. A principal desvantagem desse modelo é a sua orientação para a área da robótica que torna difícil a sua generalização. Outro problema importante que tem esse modelo é que o modelo matemático que descreve o processo pelo qual os dados são coletados tem que ser conhecido e é omitido qualquer fluxo de dados de *feedback*.

O modelo JDL de fusão de informação, apesar de ter sido criado há alguns anos e das desvantagens explicadas anteriormente, constitui o método mais utilizado para a categorização de funções relacionadas com a fusão de dados e apresenta um conjunto de características que torna mais fácil a sua adaptação para o desenvolvimento de sistemas que pretendem fusionar dados de múltiplas fontes e garantir uma boa precisão. Por exemplo, o Modelo JDL de Fusão de Dados é considerado um modelo abstrato, e não uma diretriz para implementar arquiteturas de informação de fusão, permitindo a execução dos diferentes níveis de uma forma concorrente ou não linear, o que o torna muito favorável na adaptação para sistemas distribuídos que incluem *cloudcomputing* ou componentes que devem ser executados no telefone móvel.

Os *smartphones* hoje em dia não somente funcionam como dispositivos de comunicação, mas também estão equipados com sensores poderosos e econômicos (*hardsensors* e *softsensors*), além de fornecer acesso à internet. No entanto, as implementações de arquiteturas de fusão de dados de múltiplos sensores para sistemas de *AAL* não são muito comuns em aplicações para *smartphones* e achamos que as pesquisas atuais que foram estudadas ([19],[32], [1], [35]) não aproveitam todas as possibilidades do uso desses sensores para inferir novas atividades no monitoramento do idoso em sua rotina diária.

O sistema proposto por [35] consegue aumentar o escopo das atividades detectáveis em ambientes *indoor* e *outdoor*, fazendo a fusão de dados de distintos métodos de posicionamento disponíveis nos *smartphones* modernos (*GPS, GSM,*

Wi-Fi, Bluetooth) para melhorar a acurácia da localização em ambientes ubíquos. Além disso, o trabalho consegue fazer a rotulagem automática de locais no mapa. [1] por sua vez, consegue resultados favoráveis na redução do erro na localização de usuários em ambientes *outdoors* a través da fusão dos dados dos magnetômetros de pedestres vizinhos que vão no mesmo sentido que a pessoa que está sendo monitorada. Tanto [35] como [1] somente utilizam alguns dos sensores disponíveis nos *smartphones*. Ao contrário, [48] usa um número variado de sensores (sensor de proximidade, sensor de luz, sensor magnético, microfone, bússola, giroscópio, acelerômetro, *GPS*, barômetro, sensor de temperatura ambiental), mas apenas com o objetivo de detectar se o idoso cai, troca de posição, ou se houver muita luz solar, entre outras, não com o objetivo de inferir possíveis situações de risco. Uma dificuldade muito comum nesse tipo de sistemas tem a ver com as condições adversas em que podem ser desenvolvidos, como por exemplo, a falta de conectividade. Para lidar com esse problema, são comparados quatro dos protocolos ad hoc de rede mais utilizados, para mostrar quais são os mais convenientes para encarar esse caso em particular. O trabalho também apresenta medições em situações reais, para um número médio de pessoas deficientes ou idosos, incluído o pior caso, quando os idosos estão se movendo em um lugar desconhecido, e são mostradas as decisões correspondentes. A arquitetura proposta em [10] parece constituir uma das abordagens mais promissoras, já que consegue inferir ações físicas realizadas pelos usuários (caminhar, correr, etc.) através de informações coletadas dos sensores fornecidos pelos *smartphones* diferenciando entre *hardsensorse* *softsensors*, distribuindo a carga de processamento entre o *smartphone* e um servidor na nuvem.

Em relação os sistemas estudados, [35] tem o problema que não discute nada relacionado ao *feedback*para o usuário em caso de afastamento ou outra situação de emergência no contexto da localização. Ao contrário, [48] consegue gerar alarmes depois de fazer a inferência de possíveis atividades de risco para idosos tanto em ambientes *indoor* quanto em ambientes *outdoor* a partir de um algoritmo de decisão inteligente que combina os valores dos sensores dos *smartphones*.

Em relação com os métodos de fusão de dados utilizados, os autores de [1] fazem uma comparação muito interessante entre dois métodos de fusão de dados (a técnica bayesiana *Naïve* e um método de fusão fornecido por um middleware da Oracle), com parâmetros variáveis, demonstrando que a utilização de métodos de fusão aumenta consideravelmente a precisão do resultado inferido das medições. [48] apresenta a novidade sendo um dos primeiros que implementou um sistema para fazer a colaboração inteligente utilizando os dados dos sensores disponíveis nos *smartphones*, para tomar decisões depois de conhecer a informação dos sensores em *smartphones* dos vizinhos. Uma deficiência que apresenta este trabalho consiste em que o sistema não consegue detectar com exatidão a localização das pessoas quando acontecer uma emergência. O sistema é capaz de detectar níveis altos de ruído com uma boa precisão e de distinguir verdadeiras situações de emergência, excluindo falsos positivos. No entanto, nenhuma dessas propostas apresentam uma metodologia ou modelo que consiga inferir novas atividades a partir da fusão dos sensores.

Sobre os testes utilizados em cada uns dos trabalhos estudados, em [35] não são apresentados testes para avaliar o desempenho dos métodos propostos através de um estudo de caso. No entanto, o módulo de reconhecimento de atividade de [10] foi testado, obtendo um desempenho global muito alto (97 % de precisão) na classificação de diferentes atividades (caminhar, correr, andar de bicicleta, ações do usuário deitado). No caso de [1], os resultados alcançados foram alentadores, mas poderiam ter sido muito melhores no caso de se ter utilizado mais de um sensor no *smartphone*, neste caso o magnetômetros, excluindo o uso de outros sensores para melhorar a precisão ou inferir novas atividades.

Resumindo, [10] parece constituir a abordagem mais promissora das estudadas. No entanto, os autores focam seu trabalho somente no uso do acelerômetro no *smartphone* e não exploram o uso de outros *hardsensors* como o sensor de luminosidade, o sensor de temperatura, etc, para inferir novas atividades e situações do usuário em ambientes outdoor.

A tabela 2.1 apresenta uma comparação dos trabalhos apresentados levando em consideração a técnica de fusão utilizada, os sensores utilizados, se o trabalho usa smartphones, as atividades inferidas, a acurácia na inferência dessas atividades e o *feedback* ao usuário.

O nosso trabalho difere da maioria das soluções apresentadas neste capítulo em que nós pretendemos aplicar o modelo JDL, um modelo reconhecido na fusão de dados, para inferir novos eventos sobre o contexto do idoso que está fazendo atividades em ambientes *outdoor*, procurando ajudá-los ante possíveis situações de emergência. Embora o trabalho de [10] apresente uns resultados satisfatórios em termos da precisão do reconhecimento das atividades usando o modelo JDL, a diferença mais significativa com o nosso trabalho é que nós achamos que é possível aumentar a quantidade de atividades inferidas e possíveis situações de risco, mantendo índices de precisão similares. Além disso, o objetivo de nosso trabalho é fazer a fusão dos dados de um número maior dos sensores disponíveis nos *smartphones* e de outras fontes de informação, como serviços meteorológicos online e serviços de mapeamento online).

Tabela 2.1: Comparação dos trabalhos correlatos

	Papliatseyeu	**Sendra et al.**	**Abadi et al.**	**Blazquez**
Técnica de Fusão	Fusão dos sensores de localização no smartphone	Algoritmo de fusão próprio para a tomada de decisões	Fusão Naïve, middleware de fusão de Oracle	Modelo JDL
Atividades inferidas	Atividades relacionadas com a localização *indoor* e *outdoor* (perda, rotulagem automática de locais importantes, previsão de atividades periódicas, detecção de mudanças no comportamento)	Quedas, afastamento do grupo, emergências de saúde	Atividades relacionadas com a localização multi-pedestre (afastamento do grupo, perda)	Atividades físicas (caminhar, correr)
Sensores	GPS, GSM, Wi-Fi	Proximidade, Luz, magnetômetro, microfone, bússola, giroscópio, acelerômetro, GPS, barômetro, sensor de temperatura ambiental	magnetômetro	acelerômetro
Smartphones	Sim	Sim	Sim	Sim
Acurácia	Alta acurácia (o valor não é indicado)	Alta acurácia na detecção falsos positivos	Redução do erro em 27,77 o erro em 27,77%	97 % de precisão na classificação das diferentes atividades
Feedback	Não	Sim	Não	Não

Capítulo 3

Modelo de fusão de dados para AAL em ambientes outdoor

Neste capítulo, é apresentado o modelo de fusão de dados baseado no Modelo JDL e aplicado a ambientes *outdoor*. Primeiramente, na seção 3.1, o análise da situação atual será feita para definer as principais características e problemas dos idosos e dos cuidadores em sua rotina diária, a partir do estudo de trabalhos recentes que utilizam instrumentos de avaliação funcional para avaliar o nível de independência nas atividades da vida diária dos idosos e da aplicação de questionários de caracterização para idosos e cuidadores. Na seção 3.2 descreve-se o cenário motivador, o qual motivou o desenvolvimento desta proposta e atendendo aos resultados da seção anterior, a fim de exemplificar e esclarecer a abordagem proposta. Na Seção 3.3, descreve-se os elementos que compõem o Modelo de Fusão de Dados proposto, que foi desenvolvido seguindo as diretrizes orientadas pelo Modelo JDL. A abordagem proposta se foca no contexto de *AAL* e o cuidado a idosos em ambientes *outdoor*.

3.1 Análise da situação atual

Com o objetivo de conhecer os principais problemas que enfrentam os idosos que fazem atividades de rotina no exterior assim como os cuidadores responsáveis por eles, foram visitadas várias casas de repouso da terceira idade na área de Niterói, no estado de Rio de Janeiro. Infelizmente, as características desses centros, onde a maioria dos idosos não fazem atividades ao ar livre (idosos cadeirantes, idosos que estão a maior parte do tempo deitados, etc.) e pelas suas características de centros privados com restrições a divulgar informações sensíveis, não foi possível coletar as informações necessárias para nossa pesquisa.

No entanto, foram estudados alguns trabalhos recentes que utilizaram instrumentos de avaliação funcional e que conseguem responder muitas das questões que foram projetadas em nossa pesquisa. O Index de Independência nas Atividades de Vida Diária (AVD's) desenvolvido por *Katz* (Apêndice A) é, ainda hoje, um dos instrumentos mais utilizados nos estudos gerontológicos no Brasil e internacionalmente, embora tenha sido publicado pela primeira vez em 1963 [59].

O trabalho apresentado por [53] faz uma avaliação dos idosos institucionalizados no Instituto Municipal de Geriatria e Gerontologia Miguel Pedro, quanto ao nível de independência nas atividades básicas de vida diária, com base na escala de *Katz*, para determinar o grau de auxílio que o idoso necessita no seu dia a dia, bem como identificar os pacientes de alto risco e ainda auxiliar no tratamento, visando a reabilitação. Dentre os elementos participantes nesse estudo, 22 (84,6%) eram mulheres e 4 (15,4%) homens, e a idade variou entre 62 e 103 anos, com média de 82,5 anos, revelando um predomínio de idosos com idade superior a 80 anos (61%). Segundo a classificação de *Katz*, foi observado que somente o 38,4% dos idosos apresentavam total independência funcional. Por outro lado, daqueles que são dependentes, 15,4% são dependentes para o banho, vestuário, higiene pessoal e transferência, 26,9% independentes apenas na alimentação e, 3,9% totalmente dependente em todas as AVD's. Os autores apontam que o crescimento extraordi-

nário da população idosa funcionalmente dependente, aumenta significativamente com o passar dos anos, com forte tendência de duplicar na segunda ou terceira década do próximo século.

[49] é um estudo gerontológicos mais recente, onde os autores, a través da aplicação do Índice de *Katz* procuram avaliar o perfil e o grau de dependência de 204 idosos residentes em instituições filantrópicas de longa permanência em Londrina, no estado do Paraná. Neste estudo, predominou a presença de indivíduos do sexo feminino com média de idade de 76,4 anos. Os resultados do Índice de *Katz*, obtidos por meio da consulta em prontuários dos idosos e da observação das atividades de vida diária (AVDs) de cada residente nas instituições pesquisadas, verificaram que a presença de idosos com a doença do Alzheimer (13,7%), outros transtornos psiquiátricos (39,2%), hipertensão arterial (46,1%), diabetes mellitus (18,1%), doenças cardiovasculares (8,3%), doenças respiratórias (4,4%). Em relação ao nível de mobilidade 53,9% podiam caminhar sem dificuldades, 11,8% necessitavam de auxílio de outra pessoa, um andador ou bengala; 34,3% não caminhavam sendo totalmente acamados ou fazendo uso de cadeira de rodas. De acordo com a classificação do Índice de *Katz* houve uma predominância dos idosos dependentes, sendo que na população do sexo feminino 27,2% é independente e na população do sexo masculino esse índice é de 41,1%, para uma média da população independente de somente 34,15 %.

Para complementar a análise da situação atual foram convocados um total de 8 idosos (3 homens e 5 mulheres, idade média de 76 anos, com uma maioria (50%) de idosos com um nível educacional avançado) e 5 cuidadores (4 homens e 1 mulher, idade média de 40 anos) para participar em uma entrevista inicial com o objetivo de aplicar o “Questionário de Caracterização do Idoso"(Apêndice B) e o “Questionário de Caracterização do Cuidador"(Apêndice C), cujo foco ajudou determinar o perfil dos nossos participantes. Também foi solicitado o preenchimento e assinatura do “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice D), adaptado de http://www.proac.uff.br/cep, assim como a Autorização para a

pesquisa (Apêndice E), que visam à obtenção do consentimento dos participantes para a participação dos experimentos. Além disso, está incluso o “Consentimento para fotografias, vídeos e gravações", que visa a obtenção do consentimento dos participantes para a participação dos experimentos.

O primeiro resultado corresponde à análise dos problemas de saúde mais frequentes entre os idosos entrevistados. Conforme mostrado na Figura 3.1, os problemas de saúde mais mencionados nas entrevistas (60% das respostas), foram aqueles relacionados à memória (dificuldade para lembrar de algumas coisas), problemas de mobilidade (dificuldades para caminhar) e problemas de visão.

Dificuldades para caminhar	3	42.9%
Dificuldade para lembrar de algumas coisas	4	57.1%
Problemas de visão	5	71.4%
Problemas de audição	2	28.6%
Problemas de equilíbrio	1	14.3%
Dificuldades para fazer mais de uma tarefa ao mesmo tempo	1	14.3%
Fico cansado com frequência	2	28.6%
Fico confuso ou me perco na rua.	0	0%
Outros	0	0%

Figura 3.1: Problemas de saúde mais frequentes entre os idosos entrevistados

O segundo resultado está relacionado com a frequência em que os idosos realizam atividades ao ar livre e os problemas que eles enfrentam. Neste sentido, a maioria dos idosos entrevistados costumam e gostam de fazer atividades no exterior da casa. Entre os entrevistados, 5 de 8 geralmente fazem atividades ao ar livre como ir ao supermercado, ao banco, à farmácia, em todos os casos caminhando a pé, os dois restantes gostariam de fazer essas atividades mas estão impossibilitados já que têm dificuldades de mobilidade (são cadeirantes, usam bengala, etc.). Como apresenta a Figura 3.2, entre os idosos que costumam fazer atividades *outdoor*, os problemas mais frequentes relatados foram: Perder o caminho de casa, sofrer de calor excessivo, sofrer quedas, ser roubado ou ter outro problema de saúde. Nos casos em que os idosos tiveram algum desses problemas, as opções de ajuda foram avisar para a pessoa responsável pelo seu cuidado, para um membro da sua família ou para uma pessoa desconhecida que estava perto de onde o idoso teve o inci-

dente. Existiu uma divergência de opinião sobre se a ajuda chegou rapidamente (40% a favor e 60% em contra).

Eu me perdi caminhando	1	16.7%
Sofri muito de calor excessivo	1	16.7%
Sofri muito de frio excessivo	0	0%
Sofri uma queda	2	33.3%
Fui atropelado	0	0%
Fui roubado	1	16.7%
Fiquei muito esgotado	0	0%
Tive problemas de sáude	2	33.3%
Fiquei confuso	0	0%
Outros	1	16.7%

Figura 3.2: Principais problemas dos idosos fazendo atividades fora de casa

O terceiro resultado está relacionado com a utilização da tecnologia como um suporte para a realização de atividades no exterior. Como primeiro resultado a resaltar (Figura 3.3) mostrou que entre dispositivos tecnológicos presentes na vida diária dos idosos, como a televisão, os *smartphones*, e o telefone fixo (64% das respostas), são aqueles que são mais familiares para eles. O uso da televisão e do telefone fixo foram selecionadas como as tecnologias mais familiares, sendo este um resultado esperado. A quantidade de repostas favoráveis ao uso dos *smartphones* prova a crescente popularidade destes dispositivos entre as pessoas da terceira idade.

Considerando que um dos objetivos da pesquisa era saber como o uso dos *smartphones* poderia ajudar os idosos em suas atividades em ambientes *outdoor*, o questionário faz um conjunto de perguntas destinadas a determinar a familiaridade dos idosos com o uso dos *smartphones*. Assim, por exemplo, o resultado de avaliar o nível de dificuldade no uso de *smartphones* pelos idosos mostrou que as opiniões são diversas, a maioria avaliou sua familiaridade como média (60% dos entrevistados), oscilando as restantes opiniões entre alta e baixa. Igualmente, a pergunta realizada para conhecer a frequência com que os idosos usam o *smartphone* na sua vida diária mostrou que a maioria deles os utiliza poucas vezes ao dia. Por outro

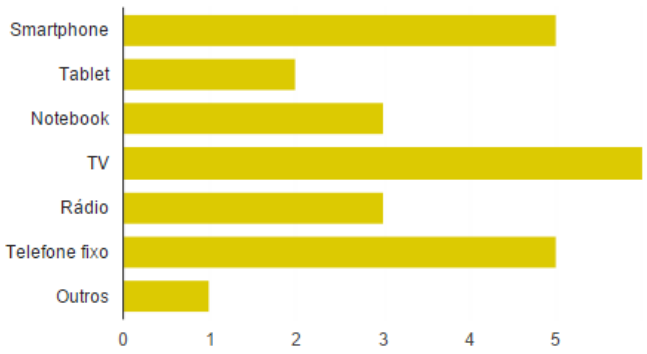

Figura 3.3: Tecnologias mais familiares para os idosos

lado, o resultado que é apresentado na Figura 3.4 mostra que a maioria dos idosos que utilizam o *smartphone*, principalmente o usam para fazer ligações (62.5% das respostas), demostrando que as pessoas da terceira idade embora os utilizem *smartphones*, não costumam utilizar muitas das funcionalidades que fornecem esses dispositivos (uso da internet, usar mapas, fotografar, etc.). Todos os idosos concordaram que seria muito útil que os *smartphones* forneceram funcionalidades para ajudá-los quando estão fora de casa. Neste sentido, as respostas da pergunta aberta para conhecer as suas propostas (Pergunta 18) revelou que os participantes se mostraram interessados na inclusão de funcionalidades que revelem o seu estado atual de saúde (frequência cardíaca, frequência respiratória) e aplicações que os ajudem a lembrar as tarefas que têm que fazer.

Fazer ligações	**5**	62.5%
Jogar	**0**	0%
Usar o mapas	**0**	0%
Navegar pela Internet	**3**	37.5%
Escutar música	**0**	0%
Fotografar	**0**	0%
Enviar messagens	**0**	0%
Enviar e-mails	**0**	0%

Figura 3.4: Propósito ao usar os *smartphones* pelos idosos

Em relação à análise dos dados obtidos da aplicação do Questionário de Caracterização do Cuidador, foram obtidos alguns resultados relevantes que foram úteis para visualizar os problemas e desafios que os cuidadores de idosos enfrentam no seu trabalho. Em primeiro lugar, 80% dos entrevistados concordaram que a maioria dos idosos gostam de fazer atividades em ambientes *outdoor* e que, quando estão fazendo estas atividades, gostam de um certo nível de independência, embora em muitos casos (60% dos entrevistados), precisam da ajuda dos cuidadores ou precisam usar bastões. Quanto aos problemas de saúde mais comuns nos idosos com que os cuidadores têm que lidar, destacaram-se os problemas de mobilidade, principalmente o sofrimento de quedas (72% das respostas). Foi muito importante conhecer o ponto de que todos os cuidadores coincidem, devido à distância que eles estavam do idoso no momento do acidente, não foi possível chegar a tempo de socorrê-los, impedindo-lhes que os pudessem ajudar de uma forma mais eficaz.

Quanto à importância que os cuidadores concedem ao uso dos *smartphones* como uma ferramenta que poderia ajudá-los em seu trabalho, os resultados mostraram que, embora os cuidadores não estivessem muito familiarizados com muitas das funcionalidades que fornecem os *smartphones* (80% usam o *smartphone* principalmente para fazer ligações), eles costumavam ligar para os familiares dos idosos em caso de acidentes ou outra emergência (80% dos entrevistados). Todos os cuidadores concordaram que seria muito útil a existência de aplicativos que possibilitassem o monitoramento mais eficiente dos idosos quando estes estão fazendo atividades *outdoor*, estando entre suas propostas a criação de sistemas de alertas e de melhores mecanismos de comunicação, tanto com os próprios idosos quanto com seus familiares.

A análise dos resultados obtidos nesta etapa de análise da situação atual permitiu atingir um conjunto de deduções. Primeiramente, os trabalhos [53] e [49] apresentam valores da média de dependência funcional muito parecidos (61.6% e 65,85 % respectivamente) dentre a população dos idosos em vários centros hospitalares e de atenção a idosos. Esses resultados foram obtidos atendendo à aplicação

do Index de Independência nas Atividades de Vida Diária de *Katz* e considerados excessivamente elevados (ambos por acima de 60%), confirmando a necessidade de criar mecanismos cada vez mais eficientes para monitorar o estado dos idosos pelos seus cuidadores e familiares. Em relação aos pontos do Index de Katk relacionado com a mobilidade, segundo [49], a média dos idosos que presentam dificuldades para caminhar entre um grupo de 204 que foram entrevistados foi de 46,1%, a partir do qual se pode inferir que o sufrimento de quedas ou outros acidentes na rua são eventos frequentes em idosos que fazem atividades *outdoor*. Adicionalmente, os resultados derivados da aplicação do Questionário de Caracterização do Idoso permitiu conhecer que além dos problemas relacionados com a mobilidade, outros problemas comuns são os relacionados a perda da memória. Neste sentido, foram identificados, após o análise dos resultados da aplicação do questionário aos idosos, como os problemas mais frequentes que eles sofrem quando fazem atividades *outdoor*: a perda da orientação quando eles estão se encaminhando para um destino específico que leva aos idosos a fazer movimentos erráticos na rua, o que resulta extremamente perigoso. A análise dos resultados deste questionário também mostrou que outro dos problemas para os idosos quando fazem atividades *outdoor* são os relacionados com as condições meteorológicas(calor ou frio excessivo), o que pode influenciar negativamente, no estado de saúde deles.

Os resultados da aplicação dos questionários mostram a preferência pelo uso dos *smartphones* e *tablets* por parte de idosos e cuidadores, ratificando estudos estatísticos recentes que confirmam o interesse cada vez mais crescente neste tipo de novas tecnologias pelas pessoas da terceira idade. Os idosos entrevistados sentiram se familiarizados com os *smartphones* e avaliaram o seu uso como dispositivo ideal para implementar essas ferramentas computacionais, ainda que como foi demostrado, o nível de interação tenha que ser o mínimo, já que os idosos não costumam utilizar muitas das funcionalidades dos *smartphone* (a maioria dos entrevistados que utilizam *smartphones*, somente o utilizam o para fazer ligações).

Com base nestes resultados, na seguinte secção descreve-se o cenário motivador

da proposta deste trabalho.

3.2 Cenário: A história de Tom

No Apêndice F é mostrado o cenário motivador da proposta deste trabalho que é descrito a continuação:

Tom, é um idoso com problemas de mobilidade e, às vezes, sofre perda de memória. Jim é o cuidador responsável por auxiliar Tom nas suas atividades diárias. Tom vai ao *shopping* todas as semanas e carrega um *smartphone* preso ao cinto. O *smartphone* tem instalado um aplicativo *Android* que monitora constantemente a posição de Tom (coordenadas geográficas) e eventos relacionados com o estado (se fica em pé, se ele está perdido, se ele caiu, se a temperatura na posição de Tom é muito alta ou baixa, se há ameaça de chuva, etc). Quando Tom vai ao *shopping*, Jim começa a monitorar o estado e a posição de Tom através de um mapa em um sistema *web*. Um dia, Tom se perde e se afasta de sua rota e o sistema automaticamente detecta o afastamento, mostra um alerta e envia um alerta por *e-mail* a Jim com a posição atual de Tom, além disso, o sistema informa a Jim o distanciamento da sua rota e lhe mostra um mapa com o caminho mais próximo para chegar ao seu destino final. Outro dia, Tom sofre um acidente e cai no chão durante uma das suas caminhadas. Imediatamente o sistema identifica uma queda através do sensor do acelerômetro do *smartphone* e envia um alerta para Jim, informando a posição aonde aconteceu a queda de Tom. Adicionalmente, o sistema pergunta para Tom, se ele prefere se comunicar diretamente com Jim, cujo telefone está no sistema. Tom prefere ligar Jim ao telefone e este vai rapidamente encontrá-lo. Em outro momento, em um dia muito quente, Tom encontra um amigo e fica de pé para conversar durante um tempo em um lugar sem abrigo do sol, começando a sentir imediatamente os efeitos do calor. O aplicativo e os demais sensores estão programados para detectar situações ambientais de risco tais como altas temperaturas ou ameaça de chuva, o sistema analisa que o usuário leva um tempo em pé

com temperaturas muito altas e manda uma pergunta através do aplicativo, para Jim sobre sua situação e se ele precisa de alguma ajuda. Tom decide pedir ajuda e o sistema alerta a Jim sua posição, que vai buscá-lo imediatamente.

3.3 Modelo de fusão de dados JDL

Nesta seção, é descrita a nossa proposta para dar solução ao cenário apresentado na seção anterior: um Modelo de fusão de dados para obter informação sobre novos eventos e situações de risco de um idoso que realiza atividades *outdoor* a partir do uso do *smartphone* e outras fontes de informação. A nossa proposta se mostra no Apêndice G e baseia-se no modelo JDL. O modelo propõe quatro níveis diferentes, procurando melhorar o processo diagnóstico a partir da transformação dos dados de entrada dos sensores. A nossa abordagem compõe-se dos níveis de pré-processamento ou refinamento do sinal (Nível 0), refinamento dos objetos (Nível 1), refinamento da situação (Nível 2) e avaliação do impacto (Nível 3). Nesta seção descreve-se o processo de fusão dos dados brutos dos níveis iniciais até chegar ao nível de diagnóstico, para cada um dos eventos que foram identificados na secção de análise da situação atual

3.3.1 Nível 0: Pré-processamento ou refinamento do sinal

A fim de proporcionar uma descrição eficiente dos dados, o processo de pré-processamento é muito importante para melhorar o desempenho da fusão a partir desses dados (remoção de ruído e a redundância das medições). Para esta abordagem, considerando as situações de emergência para os idosos em ambientes *outdoor* que foram identificados na análise da situação atual (Detecção de queda, Detecção de afastamento da rota predefinida, Detecção de confusão ou movimentos erráticos na rua e Detecção de condições metereológicas adversas), foram considerados dois tipos de sensores.

3.3.1.1 *Hardsensors*

O primeiro passo foi acessar os dados dos *hardsensors* inseridos nos *smartphones*, especificamente foi utilizada a classe *Sensor Manager* da *API* de *Android*, que fornece métodos para manipular os dados de todos os sensores no *smartphone*. Através de *Android* é possível reunir continuamente informações relevantes sobre eventos relacionados à condição do idoso usando sensores. *Android* fornece processamento em *background*, o que possibilita executar serviços sem o controle humano. Nós utilizamos os seguintes *hardsensors*: acelerômetro e sensores de localização. De todos eles, o trabalho principal de pré-processamento do sinal esteve enfocado no acelerômetro e nos sensores de localização.

3.3.1.1.1 Detecção de queda (Acelerômetro)

A maioria dos *smartphones* dispõem de acelerômetros triaxiais, sensores que retornam um valor estimativo dos valores reais da aceleração ao longo dos eixos x, y e z, sem incluir a gravidade. Os acelerômetros podem ser utilizados para detectar movimento, bem como para medir a posição do corpo. Os acelerômetros fornecem dados positivos ou negativos dos eixos a partir da origem de coordenadas (Figura 3.5). O eixo X positivo é aquele que tem direção horizontal e apontando para a esquerda, o eixo Y vertical é positivo quando aponta para cima e o eixo Z positivo quando está apontando para a frente da tela. Os valores contrários em cada um desses eixos têm valores negativos. Além dos valores da aceleração ao longo dos três eixos, também é possível conhecer o instante de tempo em que os dados são coletados.

Através do acelerômetro, foram coletadas as acelerações nos azimutes de um *smartphone* com *Android*, o que possibilita conhecer o estado do idoso. Como parte do processo de desenvolvimento do nosso método de detecção de eventos relacionados com a movimentação dos idosos medimos as diferentes frequências

do acelerômetro. O modelo proposto está baseado em *smartphones* que usam o *Android* como sistema operativo. *Android* fornece quatro frequências de amostragem diferentes: *SENSOR_DELAY_NORMAL, SENSOR_DELAY_UI, SENSOR_DELAY_GAME, SENSOR_DELAY_GAME* . Essas frequências não são constantes e dependem da versão do sistema operacional, e resulta ser impossível ter nenhum controle sobre elas. A frequência pode ser ajustada de acordo com a ação estudada. Para este estudo, foram utilizados os dados fornecidos pelo acelerômetro, usado para inferir os tipos de movimentos usuais dos idosos quando eles estão na rua, devido a diferentes características que os dados da aceleração e a periodicidade do sinal apresentam para cada ação (caminhar, correr, ficar parado).

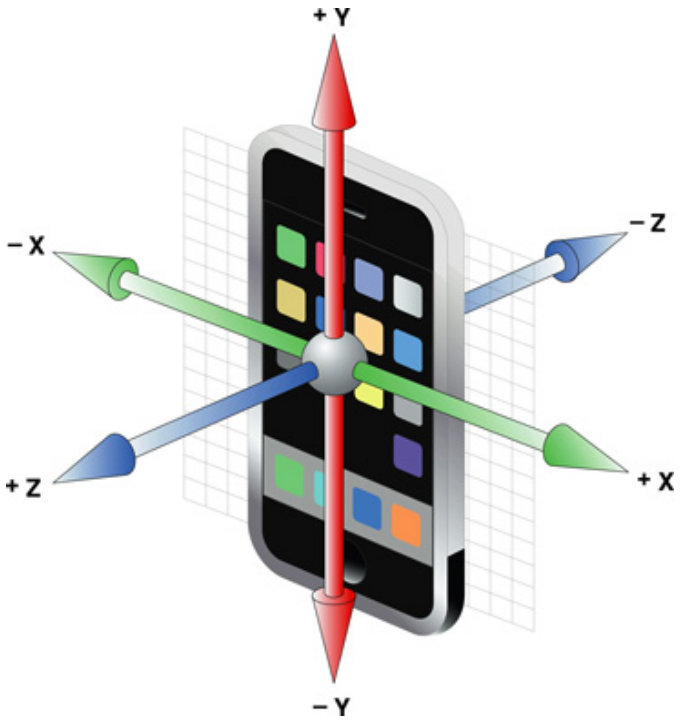

Figura 3.5: Coordenadas em *smartphones* que usam Android [34]

3.3.1.1.2 Detecção de afastamento da rota predefinida e Confusão ou movimentos erráticos na rua (Sensores de localização)

Existem formas diferentes de obter a localização de um idoso através do *smartphone* que ele estará carregando. Primeiramente, foi usada a localização através do sensor de *GPS*, que quase todos os *smartphones* têm incorporados. A acurácia dos dados de *GPS* depende de muitos fatores, como por exemplo, a qualidade do receptor de *GPS*, a posição dos satélites, o momento quando os dados foram gravados, as características do ambiente (prédios, árvores, nebulosidade, etc.) e as condições ambientais. As medições realizadas mostraram uma acurácia de 3 a 7.8 metros.

Além do *GPS*, consideramos o uso de *A-GPS* (ou *GPS* Assistido) como meio alternativo. O *A-GPS* é um tipo de sinal como o *GPS* que está presente em muitos dos modelos dos *smartphones*, mas é muito mais rápido e confiável. Esse sistema combina o sinal *GPS* que normalmente calcula a posição por meio de sinais de satélites e rádios, com informações de localizações obtidas por meio de estações terrestres e sinais das operadoras de celular. Consideramos o uso de *A-GPS* já que as medições feitas com essa tecnologia estiveram entre 2 a 4 metros de erro na localização, o que melhora consideravelmente o grau de confiabilidade e acurácia do *GPS*.

Finalmente, consideramos como terceiro método alternativo, a localização do *smartphone* usando a conexão a *Internet (Wi-fi)* . A *W3C* disponibiliza a *API* de Geo-localização[57], que padroniza o acesso às localizações geográficas através de uma interface. Esse método deve ser o menos usado, já que em nosso cenário, o idoso estará em ambientes *outdoor* aonde majoritariamente não terá uma conectividade forte à Internet (*Wi-fi*).

3.3.1.2 *Softsensors*

3.3.1.2.1 Detecção de condições metereológicas adversas (API de *World Weather Online*)

Em frente da tarefa de obter a temperatura ambiental na localização do idoso,

surgiu o problema de, que hoje em dia, a maioria dos *smartphones*, mesmo quando têm integrado sensores de temperatura, não é comum encontrar integrado o sensor de temperatura ambiental. Por essa razão, foi utilizado um sensor virtual ou serviço meteorológico *on-line*, nesse caso *World Weather Online* [60]. Como se pode observar na Figura 3.6, esse serviço fornece uma *API* com vários recursos que possibilita obter o estado do clima em uma determinada localização (temperatura atual, umidade atual, dados meteorológicos passados e futuros). A reputação e confiabilidade dos dados obtidos a partir desse serviço *on-line* é bastante alta já que *World Weather Online* cobre aproximadamente 3 milhões de cidades em todo o mundo e a previsão meteorológica é usada por uma grande variedade de empresas e clientes corporativos.

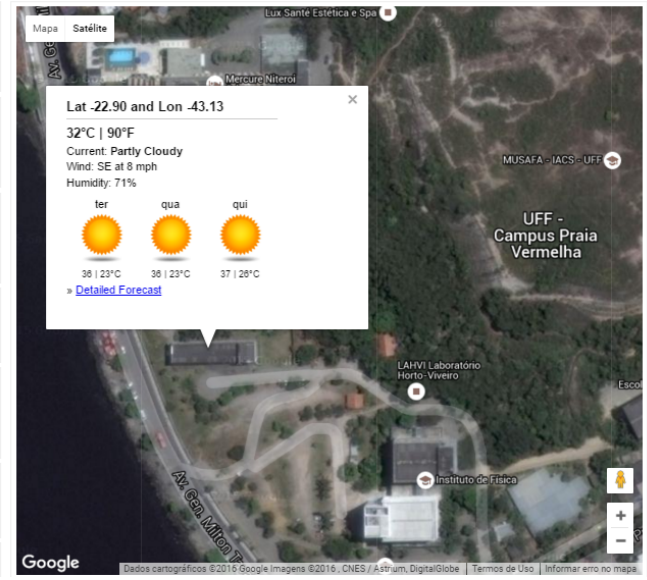

Figura 3.6: API de World Weather Online [60]

3.3.2 Nível 1: Refinamento dos Objetos

O objetivo desse nível no modelo JDL é fazer a identificação dos objetos a partir dos dados do nível anterior. No modelo proposto, os objetos e os seus atributos vão

ser o resultado da extração dos dados dos sensores obtidos no nível 0. Nesse nível, são identificadas diferentes características do comportamento do idoso, que podem ser definidas como abstrações dos dados brutos. Esses dados, independentemente da quantidade ou da fonte (acelerômetro, sensores de localização, etc.), são inúteis sem uma correta interpretação. Assim, esse nível tem o objetivo de processar e selecionar quais são os melhores recursos para identificar uma ação.

3.3.2.1 Detecção de queda

Como se pode observar no algoritmo de detecção de queda (Algoritmo 1) que é apresentado e na Figura 3.7, para a detecção de quedas a partir dos dados do acelerômetro, foram utilizadas as medidas de aceleração dos diferentes eixos (x, y e z) do *smartphone*. Primeiramente, quando os registros dos valores das acelerações do acelerômetro indicam 1G (o valor da gravidade da Terra) é indicativo de que o *smartphone* não está se movendo e pode-se supor que o idoso não está caminhando. No caso em que os valores de aceleração estejam oscilando entre o limite superior e o limite inferior, podemos supor que o *smartphone* tem um movimento oscilatório constante e por conseguinte, que o idoso está caminhando. No entanto, se as oscilações são constantes e rápidas, pode-se supor que o idoso está caminhando rápido ou correndo. Por outro lado, quando é detectado um aumento repentino da aceleração que supera os limites predefinidos (A, B), seguido de um aumento de curto prazo da mesma aceleração, existem possibilidades de ter acontecido um forte impacto no chão (C), então podemos supor que uma queda aconteceu.

O objetivo principal de nosso modelo é a criação de mecanismos para melhorar a atenção a um grupo muito vulnerável como são os idosos. Por esse motivo, é muito importante que a caracterização do estado do idoso seja a mais precisa possível. Atendendo a isso, o foco deste trabalho foi melhorar o processo de detecção de eventos que indicam situações de emergência a fim de minimizar os falsos positivos. Para a detecção de quedas, foi feita uma combinação da detecção através de mudanças bruscas nos valores de aceleração em um instante t_i com a detecção

Algoritmo 1 Algoritmo de detecção de quedas

procedure FALLDETECTION($XAxis$, $YAxis$, $ZAxis$)
  $ThreatFall = false$
  $UpperAccelerationThreshold = 4.3$
  $LowestAccelerationThreshold = 0.6$
  $Acceleration =$ ACCELERATIONDUEGRAVITY($XAxis, YAxis, ZAxis$)
  if $Acceleration < LowestAccelerationThreshold$ **or** $Acceleration > UpperAccelerationThreshold$ **then**
    $ThreatFall = true$
  else
    $ThreatFall = false$
  end if
  Return $ThreatFall$
end procedure

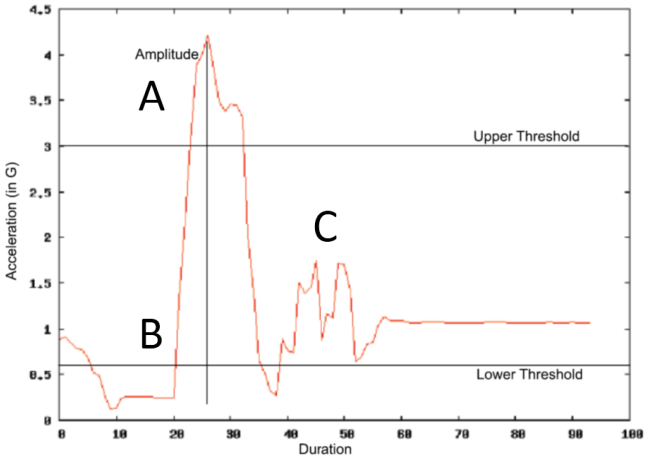

Figura 3.7: Detecção da queda usando o acelerômetro no *smartphone*

da atividade motora do idoso em um instante t_j para j = 1,2,3,4,5.....n. Assim, se uma queda é detectada em t_i e *atividade*(t_j) = "*sem movimento*" para sucessivos valores de j, pode se supor com mais segurança que o idoso sofreu uma queda e que tem algum problema de saúde. Nesse caso, um alarme será emitido diretamente para o cuidador.

3.3.2.2 Detecção de afastamento da rota predefinida

Em relação ao mecanismo de localização do idoso que está seguindo uma rota ou deve estar dentro de uma rede segura predefinida, foram definidos dois limites de afastamento permitidos (Figura 3.8). Primeiramente, caso o idoso ultrapasse o limite de alerta predefinido (em marrom na Figura 3.8), o diagnóstico emitido será do tipo alerta e a ação realizada será alertar ao idoso da sua situação através do dispositivo, nesse caso, o *smartphone*. No entanto, caso o idoso ultrapasse o limite de alarme predefinido (em verde na Figura 3.8), um alarme será rapidamente emitido para o cuidador para ir em seu auxílio.

Algoritmo 2 Algoritmo de detecção de afastamento

```
procedure DistanceDetection(LocActualPoint, PredRoute, PredSafNet, AlertDistanceAllowed, DangerDistanceAllowed)
    DistanceStatus = "normal"
    AlertState = false
    DangerState = false
    GreaterDistance = 0
    DistToRoute = Dist(LocActualPoint, PredRoute)
    DistToSafNetPlaces = Dist(LocActualPoint, PredSafNet)
    if DistToRoute > DistToSafNetPlaces then
        GreaterDistance = DistToRoute
    else
        GreaterDistance = DistToSafNetPlaces
    end if
    if GreaterDistance > AlertDistanceAllowed and GreaterDistance < DangerDistanceAllowed then
        DistanceStatus = "alert"
    else
        if GreaterDistance > DangerDistanceAllowed then
            DistanceStatus = "danger"
        end if
    end if
    Return DistanceStatus
end procedure
```

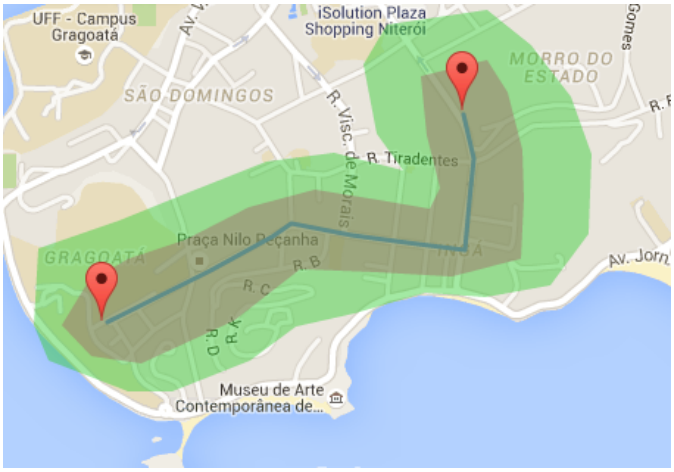

Figura 3.8: Limites de afastamento permitidos na rota predefinida para os idosos

3.3.2.3 Detecção de confusão ou movimentos erráticos na rua

Segundo [30] e [38], um padrão comum no comportamento dos idosos em ambientes *outdoor* é a perda repentina da memória o que pode provocar estados de confusão e movimentos erráticos (Figura 3.8). Nesse sentido, foi criado um mecanismo para detectar padrões de confusão no comportamento dos idosos e consequentemente alertar aos cuidadores e familiares. A funcionalidade baseia-se na detecção de mudanças na direção do idoso em um conjunto L_0.....L_n de localizações consecutivas, sendo consideradas mudanças aquelas onde o idoso retorna a uma localização já visitada anteriormente (em verde na Figura 3.9). Caso a quantidade de mudanças na direção do idoso em sucessivas iterações seja muito grande, o diagnóstico indicará confusão e a ação esperada do sistema será avisar para o cuidador para ir rapidamente em seu auxílio.

3.3.2.4 Identificação de Objetos

Adicionalmente, nesse nível é proposto um Desenho Orientado a Objetos (OOD) para identificar os objetos relevantes e os seus atributos a partir das informações incompletas fornecidas pelo nível anterior (Figura 3.10). Em primeiro lugar, a

Algoritmo 3 Algoritmo de detecção de estado de confusão

procedure CONFUSIONDETECTION(*LocationActualPoint*,*PreviousLocationsList*, *ChangeDirectionCount*)
  $Confused = false$
  if DETECTORIENTATIONCHANGE(LocationActualPoint,PreviousLocationsList)= "*changedirection*" **then**
    $ChangeDirectionCount = ChangeDirectionCount + 1$
  end if
  if $ChangeDirectionCount > 10$ **then**
    $Confused = true$
  end if
  Return $Confused$
end procedure

Figura 3.9: Padrão de confusão no percorrido do idoso em ambientes outdoor

classe Rota representa os dois tipos de rotas consideradas em nosso modelo: a rota predefinida que o idoso deve seguir e a rede de segurança da qual o idoso não se deve afastar. Além disso, o objeto Rota também representa a rota que o idoso segue uma vez que está em um ambiente *outdoor*. O objeto Pessoa define às pessoas que interagem no modelo (idoso e cuidador) e tem como atributos principais o tipo de pessoa, e a informação de contato (*e-mail*, telefone) para que os cuidadores recebam os alertas em caso de acontecer uma situação de emergência com o idoso. As informações relacionadas com o histórico de doenças ou hábitos do idoso estão consideradas no objeto Histórico. O objeto Localização define as características de uma determinada localização geográfica aonde uma Pessoa pode

estar em um instante preciso, os atributos mais importantes estão relacionados com as coordenadas geográficas (latitude e longitude) e do tipo de localização (queda, perdido, confuso, normal). O objeto Sensor representa os sensores envolvidos no modelo (temperatura ambiental,sensores de localização, acelerômetro), enquanto o objeto Observação do Sensor representa os valores específicos das observações dos referidos sensores. O objeto Evento identifica aquelas atividades que podem acontecer no contexto dos idosos (estado ambiental adverso, queda, atividade que estão realizando). A combinação de um determinado evento em uma localização e em um momento determinado, e produto da fusão dos dados fornecidos pelos sensores, provocará um Diagnóstico. O Diagnostico, por sua vez, provocará a Ação de um atuador sobre o idoso. Nesse caso, o atuador pode ser um Dispositivo ou uma Pessoa (cuidadores e familiares).

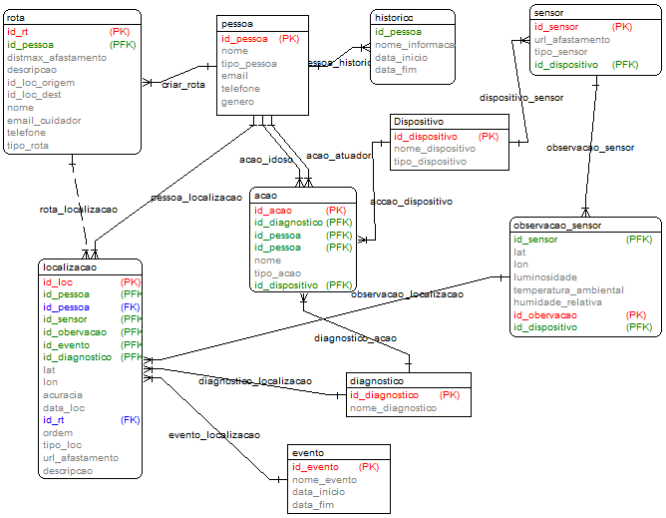

Figura 3.10: Objetos identificados

3.3.3 Nível 2 Refinamento da Situação(Ontologia ELSA)

O nível 2 proposto pelo Modelo JDL procura compreender o significado dos elementos do ambiente que está sendo estudado em um contexto de espaço e tempo, assim como compreender a sua projeção em um futuro próximo. Esse nível procura

criar mecanismos para raciocinar sobre as relações entre os elementos do ambiente que podem ser complexas. Além disso, esse nível orienta fazer a discussão da infraestrutura informática para formalizar a definição da situação, assim como acerca das ferramentas e a linguagem de implementação a ser utilizada. Nesse sentido, conhecendo o estado atual dos objetos não fornece uma compreensão do que está acontecendo, e torna-se necessário derivar novas informações e relacionamentos significativos entre os distintos elementos do modelo de interação.

As ontologias são mecanismos por excelência para fazer uma especificação explícita de um contexto. Uma ontologia está composta por um conjunto de conceitos, bem como as relações entre eles, formando uma base para o raciocínio sobre o domínio. Os conceitos de uma ontologia são organizados em hierarquias para identificar melhor o contexto do usuário. Esses conceitos ou classes definem os atributos, ou propriedades comuns para objetos individuais dentro da classe. As classes estão interligadas por relações que também são considerados como atributos e indicam a interdependência semântica existente entre os conceitos.

Como foi justificado no capítulo da fundamentação teórica, mesmo quando as ontologias estudadas abrangem muitos dos elementos do contexto estudado, alguns elementos importantes não foram abrangidos. A ontologia que é apresentada nos Apêndices H e I constitui uma representação contextual do domínio abrangido pelo projeto RAmI e que procura fazer o monitoramento de idosos por um conjunto de pessoas que formam uma rede de segurança em um ambiente *outdoor*, auxiliados por um conjunto de sensores inseridos em distintos dispositivos como *smartphones* ou outras fontes de informação. A ontologia é apresentada e descrita em sua totalidade já que abrange conceitos importantes no contexto do monitoramento a idosos, mas neste trabalho fizemos maior ênfase(conceitos em vermelho no Apêndice A) naqueles conceitos que estão relacionados com o escopo direto deste trabalho: a detecção de eventos relacionados aos idosos em ambientes *outdoor* levando em consideração as diversas situações de risco que podem enfrentar os idosos em suas rotinas diárias em ambientes *outdoor* (detecção de quedas,

afastamento de uma rota predefinida, condições ambientais adversas).

A entidade *Person* representa as diferentes pessoas do contexto. Como subentidades de *Person* estão: *Elder*, que representa o idoso; *Caregiver* que representa aquela pessoa que receberá alertas em caso de alguma emergência com o idoso; (*Relative* e *HealthAttendant*), *Doctor*, que receberá alertas em caso de emergências graves (quedas sem resposta, problemas pelo calor ou frio intenso) e *StandWorker*, que são os jornaleiros que trabalham nas bancas de jornais na vizinhança, estarão alertas ao estado dos idosos que estão nas imediações para reduzir o tempo de resposta da ajuda ante acidentes.

Por outro lado, a entidade *Place* descreve a localização geográfica de uma pessoa mediante os atributos *location_ name*, *longitude* e *latitude*. Embora a ontologia esteja enfocada para os espaços *outdoor* (*OutdoorPlace*) onde os idosos fazem suas atividades diárias, é considerada também a localização *indoor* (*IndoorPlace*), procurando a generalização da ontologia.

A entidade *Sensor* representa aqueles elementos que fornecem informação sobre o estado do idoso para fazer um diagnóstico (*Diagnostic*) de sua situação. Além dos sensores inseridos no *smartphone*, como o acelerômetro, os sensores de localização, o sensor de luminosidade, o sensor de umidade relativa, etc., são considerados sensores também os jornaleiros (*StandWorker*) que estarão monitorando constantemente os idosos na sua vizinhança para informar ante qualquer problema aos outros integrantes da rede de segurança.

A entidade *Actuator* representa os elementos do modelo que vão realizar uma ação (*Action*) de ajuda direta sobre o idoso ante um diagnóstico que indique que o estado do idoso é desfavorável ou de risco. *Caregiver*, *Device*, *Doctor* e *StandWorker* são atuadores.

A ontologia representa quatro eventos ou objetivos de monitoramento do estado do idoso (*Event*): a atividade que o idoso está realizando (*ElderActivity*), o seu estado de equilíbrio (*Equilibrium*) para fazer a detecção de quedas, o seu

estado geral de saúde (*ElderHealthStatus*) e o estado das condições ambientais ao redor dele (*EnvironmentStatus*). As atividades do idoso que são monitoradas são duas fundamentalmente, primeiramente aquelas relacionadas com o deslocamento no tempo (*Displacement*) através de uma rota (*Route*) predeterminada, com o objetivo de detectar afastamento, e as atividades motoras(*Activity*) que o idoso está fazendo em um momento determinado (caminhando, parado, correndo). Para cada rota e rede segura tem que ser definida uma distância permitida (*distancing_allowed*) da qual o idoso não pode se afastar. As rotas vão ser definidas como predeterminadas (*AllowedRoute*) ou executadas (*ExecutedRoute*) pelo idoso em um momento especifico. Com relação à duração de cada uma das atividades que faz o idoso quando sai de casa, a entidade *Time* descreve esse conceito, para levar um registro do início e fim de cada uma dessas atividades.

Em dependência do evento, será inferido um diagnóstico (*Diagnostic*) sobre o estado do idoso. Dessa maneira será possível conhecer se o idoso sofreu uma queda (*FallStatus*), o seu estado geral de saúde (*DiagnosticHealth*), sua atividade motora (*DiagnosticElderActivity*), o estado das condições meteorológicas (*DiagnosticAmbient*) e o seu estado de afastamento em relação à rota que está segundo (*DiagnosticDisplacement*).

A entidade (*Action*) define às distintas ações que os atuadores farão sobre o idoso a fim de garantir sua segurança, as ações estão divididas em ações de comunicação (*CommunicationAction*), feitas através dos dispositivos e as ações de ajuda feitas diretamente pelos atores humanos (*HumanHelpAction*). A entidade *NetworkService* descreve o meio pelo qual, uma ação de comunicação informa através do dispositivo, de uma situação de perigo ao idoso.

Outro aspecto importante da ontologia ELSA são as fontes de informação (*InformationSource*) que completam o processo de diagnóstico do estado do idoso. Primeiramente, foram tomadas em consideração como fontes de informação as observações dos sensores (*SensorObservation*). Além disso, outras informações externas (*ExternalInformation*) são consideradas, como aquelas que podem ser obti-

das através da web (*WebServiceLocated*), as informações cartográficas dos mapas (*Map*), a informação ambiental a partir de uma determinada localização (*EnvironmentalInformation*) e o perfil do idoso que está sendo monitorado (*Profile*). A incerteza (*SourceUncertainty*) e a reputação da fonte de informação (*Reputation*) também foram consideradas como parte de nossa ontologia já que pode influenciar de forma significativa no estado do diagnóstico do idoso.

Em relação aos dispositivos de monitoramento dos idosos (*SourceUncertainty*), embora o foco principal do modelo que representa ELSA seja o uso dos (*Smartphones*), como dispositivo principal, também foi incluído o uso de outras tecnologias, tais como roupas (*WearableDevice*), eletrodomésticos, móveis, sapatos e outros itens que integram o cotidiano das pessoas (*AmbientDevice*). ELSA considera os *smartphones* como um sensor não intrusivo que permite inferir nas atividades dos idosos.

Resumindo, a ontologia ELSA formaliza os conceitos do modelo hibrido estudado assim como as relações entre eles. A ontologia consegue representar um ambiente de vida monitorada do idoso, onde familiares e cuidadores formam uma rede de segurança para monitorar o estado dos idosos em suas atividades diárias *outdoor*. Como novidade que propõe ELSA em relação a outras ontologias existentes está a presença de atuadores e sensores humanos, por exemplo, os médicos, que como parte da rede de segurança, receberão alertas em caso de emergências graves (quedas sem resposta, problemas pelo calor ou frio intenso) e os jornaleiros que trabalham nas bancas de jornais na vizinhança estarão alertas ao estado dos idosos que estão nas imediações para reduzir o tempo de resposta da ajuda ante acidentes.

3.3.4 Nível 3: Avaliação de Impacto

Para finalizar, o nível de avaliação do impacto ou de razoamento de alto nível tem como objetivo inferir infromções sobre novos eventos a partir de dados contextuais da ontologia (indivíduos). Os eventos que intenta inferir o nosso modelo de fusão

de dados é o diagnóstico do estado do idoso, a partir da fusão dos dados coletados pelos sensores e outras fontes de informação. Na ontologia ELSA foram definidas um total de 10 regras (Figura 3.11). As regras foram escritas usando a linguagem de regras *Semantic Web Rule Language (SWRL)* o que possibilita criar anotações no formato de um código de conduta que combinam regras com conceitos definidos em ontologias, especificadas em *Web Ontology Language (OWL)*, para representar conhecimento sobre dados por meio de afirmações condicionais. Além disso, foram criados um total de 37 *individuals* como dados contextuais dos conceitos da ontologia proposta.

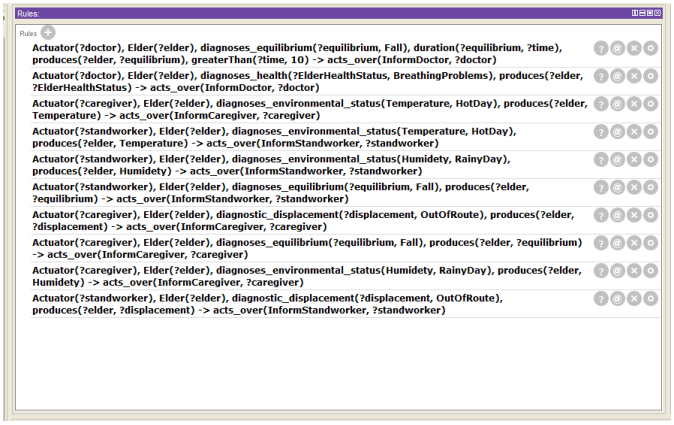

Figura 3.11: Regras SRWL em ELSA

Uma vez que foram incorporadas regras SWRL em nosso modelo foi possível utilizar raciocínio semântico para fazer a inferência de situações de risco a partir de eventos simples. Utilizando regras a priori de abstração para classificar objetos de acordo com suas características a um baixo nível foi possível criar instancias novas para representar nova informação. A principal vantagem do método de raciocínio semântico o consitui o fato de que é possível fazer o diagnóstico de eventos e situações de emergência no comportamento de idosos em ambientes *outdoor* usando termos definidos no modelo ontológico. Por exemplo, a um baixo nível os eventos *EnvironmentStatus* podem informar de uma situação de calor excessivo *(diagnoses_ environmental_ status(Temperature, HotDay))*, o evento *ElderActivity* pode informar que o idoso está parado *(diagnoses_ elder_ activity(ActivityDailyLiving,*

Stationary)), e a informação do contexto do tempo informar uma duração excessiva nessa situação *(duration(Event, 20))*. Todas essas ações não fornecem muita informação de forma individual, mas em sua totalidade foi possível inferir que o usuário está em uma situação de perigo por condições ambientais adversas e que é preciso emitir um alarme para um dos atuadores, neste caso, o cuidador *(acts_ over(InformCaregiver, caregiver))*.

Esta abordagem deve ser aumentada com técnicas mais avançadas, por exemplo, o uso de aprendizado de máquina para fazer a classificação automatica do comportamento do usuário e possíveis situações de emergência de acordo ao histórico de eventos passados, características do perfil do usuário (histórico de doençãs, perfil médico).

Capítulo 4

Sistema de monitoramento de idosos em ambientes outdoor

Com o objetivo de elaborar uma ferramenta computacional que auxiliasse a instanciação do modelo de fusão de dados proposto (Capítulo 3) no que tange os objetivos e as principais características do modelo, foi desenvolvido, de forma experimental, um sistema denominado *SafeRoute*.

Neste capítulo é descrito detalhadamente o sistema desenvolvido: apresenta-se os dados à arquitetura que guiou o desenvolvimento de *SafeRoute*, bem como a apresentação dos componentes o integram.

Vale ressaltar que, apesar de ter sido dedicado um capítulo inteiro para apresentação e descrição de *SafeRoute*, a principal contribuição deste trabalho é o Modelo de fusão de dados para *AAL* em ambientes *outdoor* descrito no capítulo anterior, motivado e guiado pela pesquisa de campo e revisão bibliográfica realizada no que tange os problemas relacionados à fusão de informação e dados de sensores para permitir inferências sobre o ambiente para o domínio de assistência a idosos (*AAL*) em ambientes *outdoor*. Outra importante contribuição é a avaliação do modelo proposto apresentada no Capítulo 5, onde para realizar as avaliações apresentadas, decidiu-se a implementação do sistema citado: o sistema *SafeRoute*.

4.1 Arquitetura

O sistema *SafeRoute* é uma proposta de solução ao cenário que é apresentado na seção 3.1. Neste caso, o idoso carregará um *smartphone* que estará preso no cinto enquanto eles fizera as suas atividades *outdoor*. O uso do *smartphone* permitirá que os idosos estejam em contato direto com um conjunto de habilidades sensoriais a fim de determinar o seu estado e o do ambiente onde eles estão localizados, procurando inferir suas necessidades ante alguma situação de risco.

A implementação de técnicas de fusão para a identificação de eventos relacionados à movimentação do idoso no *smartphone* não é uma tarefa fácil devido às restrições de energia e o custo computacional destas técnicas. Existem alguns exemplos de sistemas de fusão de dados baseados em arquiteturas centralizadas; no entanto, este tipo de arquiteturas traz consigo um elevado custo computacional de consumo de energia. Assim, a fim de evitar este problema, o sistema *SafeRoute* foi concebido seguindo uma arquitetura distribuída e desenhado para compartilhar o volume do processo computacional entre o *smartphone* e os servidores na nuvem. Existem opiniões diferentes sobre quais dos componentes dos diferentes níveis do modelo JDL deve ser executado no *smartphone* e quais devem ser executados na nuvem. O sistema *SafeRoute* propõe fazer uma implementação mínima no *smartphone*, deixando somente uma parte do nível 0 e o nível 1, procurando otimizar o consumo de energia.

A abordagem proposta consiste em um sistema para ajudar os cuidadores no cuidado de idosos que estão fazendo as suas atividades diárias *outdoor*. O sistema está composto por três componentes principais: o aplicativo *Android CareofMe*, o sistema web *SafeRoute* e um painel de visualização do estado geral do idoso. Estes componentes trabalham de uma maneira combinada para fusionar os dados provenientes de distintos sensores, tanto daqueles que estão inseridos nos *smartphones* quanto de outras fontes de informação, e para possibilitar a visualização do estado do idoso e de seu entorno. A Figura 4.1 apresenta a arquitetura distribuída do

sistema *SafeRoute*, composta pelo aplicativo *Android CareofMe* e o sistema web *SafeRoute*. O painel de visualização não é detalhado nessa representação já que somente consulta os dados da informação do estado do idoso através de um serviço web fornecido pelo sistema web *SafeRoute*.

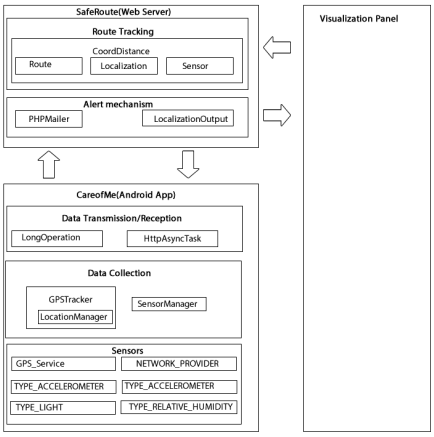

Figura 4.1: Arquitetura do sistema *SafeRoute*

4.2 Componentes do sistema *SafeRoute*

Visando organizar a descrição e facilitar futuras referências às características do sistema, à apresentação e descrição do sistema *SafeRoute* é dividida por componentes. Cada componente representa um conjunto de características da aplicação conforme descreveremos nas próximas subseções.

4.2.1 Aplicativo Android *CareofMe*

O aplicativo *Android CareofMe* (Figura 4.2) utiliza uma combinação das tecnologias dos sensores disponíveis nos *smartphones* para identificar possíveis situações de risco para o idoso. O aplicativo foi desenhado para ser utilizado tanto em ambientes outdoor quanto em ambientes indoor, mas neste caso, somente para fazer a detecção de quedas. Em relação à funcionalidade de monitoramento da posição do idoso, como primeira opção, o sensor de *GPS* integrado nos *smartphones*

fornecerá a localização do idoso com uma margem de erro de 3 a 7.8 metros. No entanto, o consumo do tempo da bateria do *smartphone* por causa desse sensor é normalmente considerado muito alto, pelo qual, como alternativa ante esse consumo excessivo de energia do *smartphone*, a localização através da *Internet (Wi-fi)* apoiará a funcionalidade da localização do idoso e aumentará a poupança de energia. *GPS Tracker* é a classe responsável pela gestão dos dados da localização através da classe *LocationManager*, pertencente à *API* responsável de gerenciar os mapas em *Android*, neste caso *GoogleMap Android v2*. O sensor do acelerômetro do *smartphone* foi utilizado para desenvolver a funcionalidade de identificação de eventos relacionados à movimentação do idoso, pertencente ao nível 1 do Modelo JDL. A classe *SensorManager* é a responsável de gerenciar os valores das acelerações dos eixos para identificar quedas ante mudanças abruptas nos valores desta aceleração.

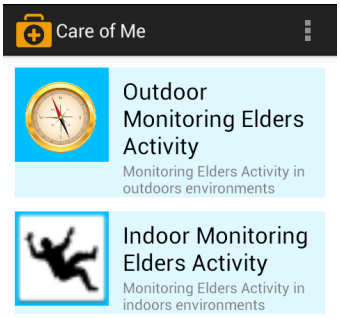

Figura 4.2: Aplicativo Android *CareofMe*

Na implementação da funcionalidade de monitoramento da localização do idoso *outdoor*, o aplicativo permitirá escolher entre uma rota ou uma rede de segurança (Figura 4.3). Uma vez que o idoso começa a fazer o caminho usual , o aplicativo permite visualizar a localização geográfica exata dele (Figura 4.4). Na implementação da interface do aplicativo, foram considerados os requisitos típicos de usabilidade para idosos, os quais podem ter problemas de visão ou dificuldades para lembrar coisas. Assim, a interface do aplicativo foi desenhada tentando minimizar a quantidade de atalhos, ressaltando também que o objetivo do aplicativo é fundamentalmente servir como um repositório de sensores e para dar alertas em

caso de alguma situação de risco detectada. Além disso, o tamanho das letras, em geral, das massagens e dos botões, foi desenhado de uma maneira bastante grande para facilitar a sua visualização.

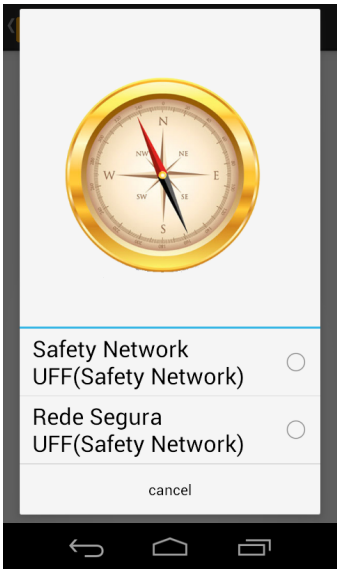

Figura 4.3: Seleção de rotas e redes de segurança no Aplicativo Android *CareofMe*

Figura 4.4: Monitoramento da rota ou Rede segura no Aplicativo Android *CareofMe*

Em relação aos *feedbacks* para o idoso, ante situações de risco, estes são alguns dos alarmes que o aplicativo *CareofMe* pode dar:

- Afastamento da rota ou rede segura

  Caso seja detectado pela funcionalidade de monitoramento da posição, um afastamento superior ao limite de alerta permitido, uma ação de alerta ao idoso através do *smartphone* será realizada (Figura 4.5). Além disso, outro alerta indicará para o idoso como recuperar o caminho para voltar ao ponto mais próximo da rota ou rede segura que está seguindo (Figura 4.6).

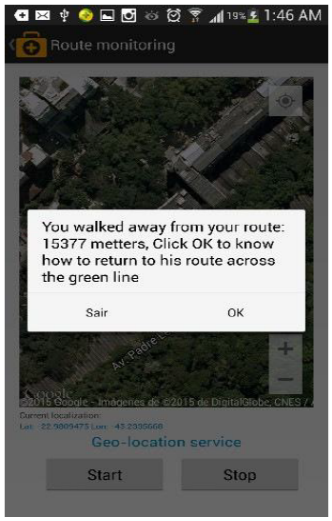

Figura 4.5: Feedback de afastamento no Aplicativo Android *CareofMe*

- Detecção de queda

  Caso seja detectado uma queda durante a caminhada do idoso, o aplicativo perguntará ao idoso sobre sua condição (Figura 4.7). Caso seja emitido um pedido de ajuda o aplicativo ligará automaticamente para o telefone do cuidador, uma informação que é registrada no perfil de cada um dos cuidadores. O aplicativo também possibilita que o idoso desista de pedir ajuda dizendo que está bem, eliminando assim a possibilidade de emitir falsos alarmes para as pessoas que estão pendentes da sua situação, mas

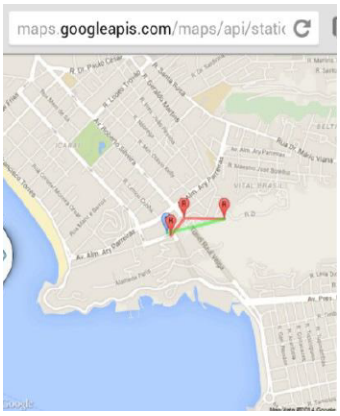

Figura 4.6: Feedback de afastamento com proposta de caminho de volta no Aplicativo Android *CareofMe*

caso decorra um tempo razoável sem resposta, um alerta será emitido para o cuidador.

Figura 4.7: Feedback de detecção de queda no Aplicativo Android *CareofMe*

4.2.2 Sistema Web SafeRoute

A opção por desenvolver uma plataforma web surgiu como a opção mais natural, uma vez que de acordo com o modelo proposto, é preciso acessar facilmente aos

dados enviados pelos sensores dos smartphones e serviços web, para posteriormente fazer a fusão destes dados. O sistema web *SafeRoute* foi concebido como uma ferramenta para fornecer o monitoramento constante do estado do idoso e com a responsabilidade pela gestão das rotas e redes seguras predefinidas que devem seguir os idosos em uma área determinada. Na Figura 4.8 apresenta a interface da inserção da rede de segurança. Além disso, o sistema web também processará o envio de alertas para os cuidadores em caso de uma situação de risco inferida no estado do idoso. A funcionalidade de rastreamento utiliza a classe *CoordDistance* para calcular a distância entre as localizações do idoso em tempo real (*Localization*) e as localizações das rotas ou rede seguras predefinidas *Route*. A distância que calcula a classe *CoordDistance* entre a localização atual do idoso em relação à rota ou rede de segurança que está seguindo utiliza a formula Haversiana de distância entre dois pontos geográficos:

$$\mathrm{d} = 2\mathrm{r} * \arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{lat_2 - lat_1}{2}\right) + \cos\left(lat_1\right) * \cos\left(lat_1\right) * \cos\left(lat_2\right) * \sin^2\left(\frac{lon_2 - lon_1}{2}\right)}\right)$$

A abordagem proposta considera a distância entre a localização geográfica do idoso e os pontos da rota, assim como das linhas que os unem. A classe *PHPMailer* é a responsável por enviar alertas para as pessoas interessadas sobre a situação do idoso a través de *e-mails* com a localização geográfica dele.

4.2.3 Painel de Control

Com o objetivo de criar um mecanismo que facilite o processo de acompanhamento das atividades dos idosos que estão fazendo atividades em ambientes *outdoor* foi criado um painel de visualização do seu estado. Desta maneira, as pessoas que estão monitorando a atividade do idoso terão uma visão geral da localização geográfica do idoso, assim como seu estado (afastamento de uma rota ou rede de segurança, queda, etc.) e das variáveis ambientais ao seu redor. A informação que se apresenta no painel é resultado das consultas constantes ao sistema web *SafeRoute*, onde é realizado todo o razoamento e a inferência do estado do idoso. A Figura 4.9 ilustra um exemplo da visualização do estado de um idoso no painel.

Figura 4.8: Redes seguras no sistema web *SafeRoute*

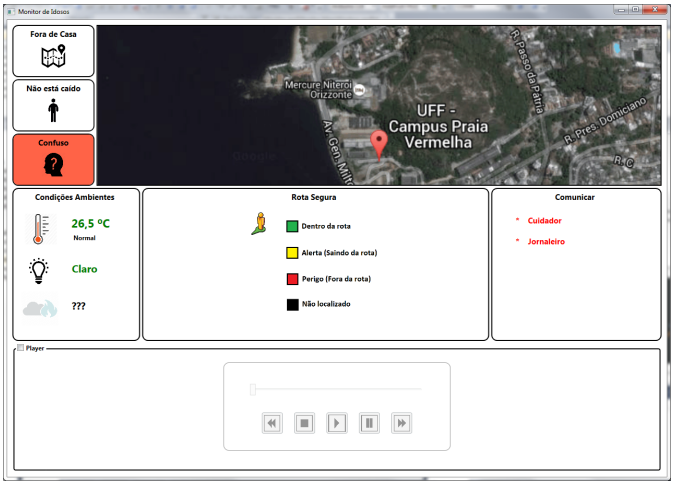

Figura 4.9: Panel de visualização do estado do idoso

4.3 Tecnologias utilizadas

O sistema foi desenvolvido utilizando diferentes tecnologias. O aplicativo *CareofMe* foi desenvolvido utilizando *Android* na versão 4.4. A plataforma web *SafeRoute* foi desenvolvida utilizando *PHP* na versão 5.0 e *Javascript*. A escolha da tecnologia *PHP* obedeceu a que fornecia todos os recursos necessários para o desenvolvimento

do sistema em questão. Com o objetivo de agilizar o processo de desenvolvimento e de garantir a reusabilidade e continuidade no processo de desenvolvimento, foram utilizados os seguintes *frameworks* e *APIs*: *GoogleMap v3*, *Google Maps Android API v3* e a *API* de *World Weather Online's*.

O desenvolvimento da plataforma web *SafeRoute* foi auxiliado pelo uso da *IDE NetBeans* em sua versão 8.0.1 e o desenvolvimento em *Android* do aplicativo *CareofMe* pelo *IDE Eclipse* para *Android* em sua versão 2.9.1. Como sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) foi escolhido *MySQL* 5.6.12 por se tratar de uma ferramenta *open source* que fornece características desejáveis em termos de segurança, suporte para uma grande quantidade de dados, entre outras.

No desenvolvimento da ontologia ELSA foram utilizadas várias ferramentas: 1) A construção da ontologia foi feita através da plataforma livre *Protégé* em sua versão 4.3, que fornece um conjunto de ferramentas para a construção de modelos ontológicos 2) Como ferramenta de representação gráfica foi utilizada *IHMC CmapTools COE* versão 5.0, que possibilitou o uso de elementos gráficos seguindo a abordagem típica de caixas-e-linhas. 3) Como raciocinador foi utilizado *FaCT++*.

4.4 Discussão

Neste capítulo foi apresentado *SafeRoute*, um sistema que pretende aplicar os objetivos e as principais características do modelo proposto em uma ferramenta computacional para melhorar o monitoramento de idosos em ambientes *outdoor* pelos seus cuidadores.

Foi descrita a arquitetura e os três componentes que compõem o sistema: o aplicativo *Android CareofMe*, o sistema web *SafeRoute* e o painel de visualização do estado do idoso.

Com o objetivo de demonstrar a viabilidade do modelo proposto, e a partir do

sistema *SafeRoute* proposto nesse capítulo, serão feitas um conjunto de avaliações para resolver alguns dos problemas apresentados no cenário de Tom (Seção 3.1).

Capítulo 5

Avaliação

Neste capítulo será apresentada detalhadamente a metodologia utilizada para avaliação do modelo de fusão de dados proposto. O modelo de fusão de dados proposto será avaliado a partir da aplicação de um teste centrado no usuário. Assim, acredita-se que com a utilização do modelo de fusão de dados baseado no Modelo JDL será possível melhorar a acurácia na inferência do estado dos idosos em ambientes *outdoor*, procurando ajudar de uma maneira mais eficiente às pessoas que estão atentas ao seu bem estar.

5.1 Teste centrado no usuário

Para avaliar este trabalho de pesquisa foi realizado um teste centrado no usuário (*user-centered*) com três idosos. O teste consistiu em que cada um dos participantes devia seguir uma rota pré-definida contida dentro de uma rede de segurança também pré-definida, mas deixando para o idoso uma independência total de movimento. A rota pré-definida foi criada no sistema web *SafeRoute* e é apresentada na Figura 5.1.

Como parte da avaliação, buscou-se comparar os resultados das medições feitas pelo sistema *SafeRoute* com os valores de medições de sensores externos bem

Figura 5.1: Rota pré-definida no sistema *SafeRoute*

reconhecidos e validados. Para isso, foi selecionada a plataforma *Arduino*, a qual, segundo o sítio oficial: "*é uma plataforma open source de computação física baseada em uma única placa i/o. Placas Arduino são capazes de ler dados (luz, pressão em um botão, temperatura ambiental, etc.) e transformá-los em uma saída(ligar um LED, ativar uma sinal, mostrar o valor da temperatura, etc.).* "[4]. *Arduino* apresenta um conjunto de características que influenciaram na sua escolha: possibilita uma utilização simples e acessível, é multi-plataforma *(Mac, Windows e Linux)*, é barato, o hardware pode ser construído a partir de uma placa de componentes pré-fabricados, e pode utilizar sinais eletrônicos analógicos e digitais. Em nosso experimento utilizou-se uma placa composta por um microprocessador e os sensores do acelerômetro, sensor de luminosidade, sensor de temperatura, e um sensor de localização *(GPS)*. Além disso, garantiu-se a comunicação via Internet pelo um sensor *Wi-fi*.

O objetivo principal do teste consistiu em fazer uma comparação da acurácia dos valores fornecidos pelos sensores de *Arduino* com os valores dos sensores inseridos no *smartphone* e fusionados no sistema *SafeRoute* para inferir o estado do idoso. Os idosos fizeram dois percursos, primeiramente utilizando os sensores *Arduino*, e depois usando o *smartphone* como dispositivo sensorial, através do aplicativo *CareofMe*. Durante o percurso das pessoas da terceira idade, fizemos simulações de quedas (nunca com o idoso) e observamos como os idosos por vezes

afastaram-se da rota.

As figuras Figura 5.2 e Figura 5.3 mostram as medições da localização do participante do experimento que seguiu a rota predefinida de uma maneira mais fiel. Pode-se observar claramente que o sistema *SafeRoute*, através do aplicativo *CareofMe* e do Painel de Controle, mostra uma melhor acurácia na localização do idoso em comparação com os valores fornecidos através dos sensores de localização de *Arduino*.

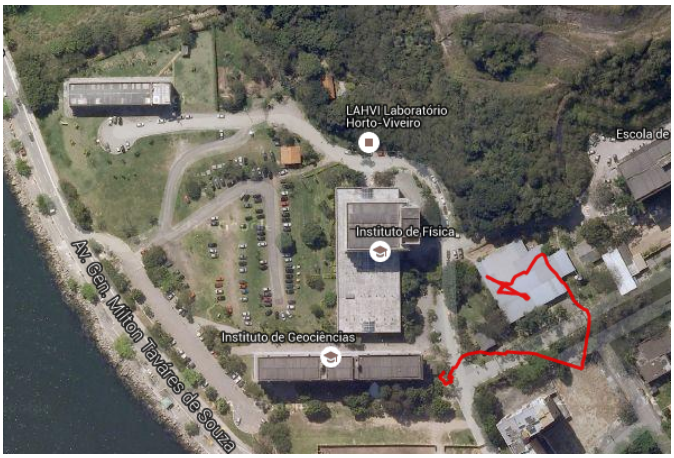

Figura 5.2: Localização do idoso usando os sensores Arduino

A tabela 5.1 apresenta uma comparação entre as medições feitas pelo sistema *SafeRoute* e os sensores *Arduino*. O experimento esteve focado nos seguintes aspectos:

Primeiramente, foi medida a acurácia das localizações geográficas que os sensores *GPS/Wi-fi* de *SafeRoute* e *Arduino* forneciam. Foi utilizada a fórmula de distância Haversiana explicada no capítulo anterior para medir a distância entre a posição real do idoso e a medição do sensor. Os resultados obtidos demostraram que a média da distância fornecida pelos sensores do *smartphone* (média = 6.77 metros) são muito melhores que os fornecidos pelos sensores *Arduino* (média = 17.36 metros). Como se explicou no Capítulo 3, o Modelo proposto tem em consideração os fatores que podem influir na acurácia das medições do sensor *GPS*,

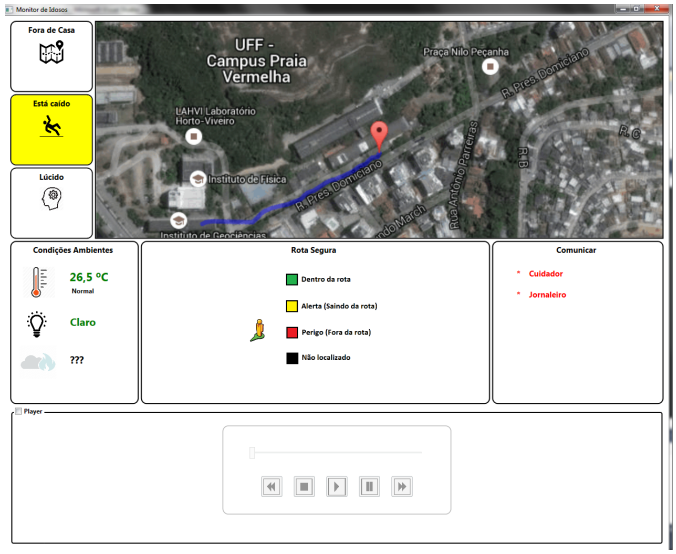

Figura 5.3: Localização do idoso no sistema *SafeRoute*

como as características do ambiente (prédios altos, árvores, nebulosidade, etc.)

Para medir a velocidade média do dislocamento do idoso foi implementado um algoritmo baseado na fórmula de distância Haversiana e o *timestamp* da localização do idoso:

$$\text{distancia} = \text{distanciaGeog}\left(latitudePonto1, longitudePonto1, latitudePonto2, longitudePonto2\right);$$

$$\text{tempo} = \left(timestampPonto2 - timestampPonto1\right)/1000.0;$$

$$\text{velocidadeMps} = \text{dist} \ / \ \text{tempo};$$

O algoritmo assume que o pontos 1 e o ponto 2 são coordenadas geográficas consecutivas da localização do idoso e o *timestamp* de cada localização é enumerado em segundos, assim, a velocidade é calculada em metros por segundo. É importante ressaltar que o algoritmo fornece somente uma estimativa da velocidade média entre as duas localizações do idoso e a sua precisão depende de vários fatores, incluindo a distância e o tempo decorrido entre as duas medições de *GPS*.

Na realização do teste, foi feita uma comparação da velocidade média do deslocamento dos três idosos que participaram do experimento, obtidas através do sistema *SafeRoute* e dos sensores *Arduino*, com as medições feitas pelo aplicativo

Android Runtastic, um reconhecido aplicativo de fitness que fornece a informação da velocidade ao fazer uma caminhada. Os resultados que são apresentados na tabela 5.1, mostram que as medições do *SafeRoute* são mais precisas que aquelas feitas pelos sensores *Arduino*. Devemos destacar que este foi um resultado esperado, já que a acurácia na medição da velocidade tem relação direita com a medição da distância, e como foi demonstrado no teste de acurácia média da localização, as medições feitas pelo sistema *SafeRoute* são melhores do que aquelas feitas pelos sensores *Arduino*.

Para avaliar a acurácia da detecção de quedas pelo sistema *SafeRoute* foram realizadas um total de 20 simulações em cada um dos experimentos com os idosos. Para garantir a segurança dos idosos, estas simulações de queda foram realizadas pelos pesquisadores responsáveis da realização do experimento. As simulações procuraram medir dois aspectos fundamentais do algoritmo de detecção de queda implementado no aplicativo *Android SafeRoute*: primeiramente, a detecção do percentual de acertos (verdadeiros positivos), os falsos positivos e os falsos negativos, e em segundo lugar, a acurácia da localização da queda detectada. Das 20 simulações feitas para cada experimento, os acertos (verdadeiros positivos) foram um total de 16, 15 e 17, uma média de 80%, com 7 falsos positivos e 12 falsos negativos em total. Em relação a acurácia na localização da queda, o erro médio para os verdadeiros positivos foi de 5, 01 metros, um valor compatível com os valores de erro médio na medição da acurácia média da localização através do sensor de *GPS*.

Da mesma forma que a avaliação da funcionalidade de detecção de quedas, para a avaliação da funcionalidade de afastamento da rota por parte dos idosos foram realizadas 20 simulações em cada um dos experimentos. O resultado dessa avaliação mostrou um total de 15, 18 e 17 acertos (média de 83.3%,) com 5 falsos positivos e 5 falsos negativos. Os resultados obtidos mostram uma média dos acertos bastante alta e um número bastante baixo de falsos positivos e falsos negativos, o que apoia a confiabilidade desta funcionalidade.

Outro dos objetivos da etapa de Avaliação foi avaliar a acurácia da funcionalidade de detecção de alarmes ambientais do sistema *SafeRoute* em condições ambientais adversas. Neste sentido, foram feitas 10 simulações focadas em detectar situações de risco relacionadas com altas temperaturas. A simulação consistiu em criar cenários ambientais artificias de risco (sem a participação dos idosos). O cenário artificial da simulação consistiu em ficar 10 minutos em pé no sol, sendo a combinação da atividade de locomoção que está fazendo o usuário (Em pé ou caminhando durante muitos minutos) e a detecção de altas temperatura, o detonador do alarme ambiental. Considerou-se que a acurácia das medições da temperatura é altamente confiável, já que como foi explicado no Capítulo 3, o valor da temperatura é obtida pelo nosso Modelo através de um *softsensor*, nesse caso o serviço meteorológico on-line *World Weather Online*. O resultado da avaliação desta funcionalidade mostrou bons resultados com um total de 8, 9 e 9 acertos (média de 86.6%,) com 1 falso positivo e 2 falsos negativos, considerados valores bastante baixos.

5.2 Discussão

Em relação aos resultados derivados a partir da aplicação do teste orientado ao usuário, nota-se que apesar dos resultados demonstrarem que nossa abordagem para fusionar os dados de múltiplos sensores, melhora a acurácia da inferência dos eventos que conduzem à detecção de situações de emergência para idosos que fazem atividades *outdoor*, em relação a outras alternativas de monitoramento, resulta ser necessário implementar mecanismos de calibração mais eficientes para melhorar a acurácia, por exemplo, no caso da localização, aonde é preciso encontrar alternativas ao *GPS* e a localização através da Internet. Adicionalmente, os resultados obtidos possibilitaram fazer a medição de um conjunto de valores relevantes no contexto estudado, neste sentido, foi medida a velocidade média de movimentação das pessoas da terceira idade que participaram no experimento. O resultado obtido (0.8366 m/s), alertou sobre a necessidade de corrigir a frequência em que o

Tabela 5.1: Experimento de localização usando *SafeRoute* e sensores Arduino

	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
Acurácia média da localização(Sensor GPS/Wi-Fi através do App *CareofMe*)	4.6 m	8.8 m	6.9 m
Acurácia média da localização(Sensor GPS de Arduino)	20.8 m	12.6 m	18.7 m
Velocidade média do idoso(App Android Runtastic)	0.85 m/s	0,80 m/s	0.90 m/s
Velocidade média do idoso(*SafeRoute*)	0.82 m/s	0,76 m/s	0.93 m/s
Velocidade média do idoso(Sensores Arduino)	0.77 m/s	0.64 m/s	0.96 m/s
Acurácia média na detecção de queda(Sensor acelerômetro através do App *CareofMe*)	80%	75%	85%
Acurácia média na detecção de afastamento(Sensor GPS/Wi-Fi através do App *CareofMe*)	75%	90%	85%
Acurácia média na detecção de alarma ambiental(Sensor de temperatura através do App *CareofMe*)	80%	90%	90%

sistema *SafeRoute* fazia as medições da localização do idoso (5 segundos). O valor foi ajustado até 12 segundos, considerando que deste jeito, o idoso deve percorrer como média 10 metros entre uma medição e outra, o que foi considerado um valor

aceitável, levando em consideração também que um aspecto recorrente na utilização de dispositivos celulares é o uso eficiente dos recursos para alongar o tempo de vida da bateria do dispositivo.

Capítulo 6

Conclusões

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais sobre esta pesquisa, destacando as contribuições, as lições aprendidas e as sugestões para trabalhos futuros.

6.1 Considerações finais sobre a pesquisa

Este trabalho aborda o problema da falta de uma solução satisfatória que consiga identificar maior informação do estado dos idosos que estão fazendo atividades em ambientes *outdoor*, levando em consideração os múltiplos fatores de risco que eles enfrentam uma vez que estão fora de casa. Foram estudados vários trabalhos de pesquisa que revelaram um máximo de 82% de acurácia na identificação da localização do idoso e o reconhecimento de eventos relacionados a sua atividade nestes ambientes (caminhando, correndo, em pé, deitado, etc.), mas sem considerar outras prováveis situações de risco que podem acontecer na sua rotina diária (perdas ao longo do caminho, dificuldade para pedir ajuda, sofrimento de quedas, variáveis ambientais adversas com risco para a saúde do idoso, etc.)

A fim de resolver o problema de pesquisa, foi proposta a criação de um modelo de fusão de dados de múltiplos sensores, fontes de informação para inferir informações no domínio da assistência a idosos *(AAL)*, em ambientes *outdoor*. O

modelo de fusão de dados proposto foi baseado no modelo JDL de fusão de dados e utilizou principalmente os dados fornecidos pelos sensores inseridos dentro dos *smartphones* e outras fontes de informação para inferir novas informações.

Foi levantada a hipótese de que a utilização do modelo proposto de fusão de dados possibilita aumentar a abrangência do contexto inferido como parte do monitoramento dos idosos em ambientes *outdoor*, mantendo níveis de acurácia (80% a 85%) similares aos mecanismos de fusão de dados dos trabalhos correlatos estudados da área de AAL.

Realizamos uma análise da situação atual para identificar as características e problemas dos idosos e cuidadores em sua rotina diária, a partir da aplicação de questionários de caracterização e do estudo de trabalhos recentes que utilizam instrumentos de avaliação funcional, neste caso o Index de Independência nas Atividades de Vida Diária desenvolvido por *Katz* para avaliar o nível de independência das pessoas da terceira idade. Os resultados obtidos dentre a população dos idosos em vários centros hospitalares e de atenção a idosos indicaram que altos valores de dependência funcional (61.6% e 65,85), com 46,1% de idosos com problemas de mobilidade, confirmando a necessidade de criar mecanismos cada vez mais eficientes para monitorar o estado dos idosos pelos seus cuidadores e familiares. Os resultados da aplicação dos questionários de caracterização do idoso e do cuidador demostraram a validade do uso do *smartphone* como ferramenta ideal para fazer a implementação de modelo de fusão de dados proposto, devido ao interesse cada vez mais crescente nesse tipo de novas tecnologias das pessoas da terceira idade, porém, considerando as características de usabilidade para este tipo de pessoas.

Os resultados derivados da aplicação do teste orientado ao usuário usando o sistema *SafeRoute*, mostraram que a proposta de utilizar o modelo de fusão de dados JDL como ferramenta para fusionar informações fornecidas pelos sensores inseridos nos *smartphones* e outras fontes de informação, conseguiu aumentar o escopo do contexto do idoso quando está fazendo atividades em ambientes *outdoor* com uma alta acurácia. Assim, foi possível fazer inferências de situações de risco

no contexto do idoso como perdas (6.77 metros de acurácia média), afastamentos da rota predefinida (média de 83.3% de verdadeiros positivos), estimação de situações ambientais adversas (média de 86.6% de verdadeiros positivos) e detecção de quedas (média de 80% de verdadeiros positivos). Foi feita uma comparação entre os valores de acurácia na localização e detecção da velocidade do idoso obtidos pelo sistema *SafeRoute* e os valores obtidos através do sensor *GPS* da plataforma *Arduino*. O resultado desta comparação mostrou que a localização inferida através da fusão de dados de diferentes fontes de informação no sistema *SafeRoute* é mais exata que a fornecida pelo sensor *GPS* de *Arduino*.

Concluímos, então, que o Modelo de fusão de informação proposto fornece as funcionalidades necessárias para fazer a inferência do estado dos idosos que estão fazendo atividades em ambientes *outdoor* já que consegue aumentar a abrangência do contexto inferido com bons índices de acurácia, o que avalia a hipótese de pesquisa deste trabalho.

6.2 Contribuições da pesquisa

Esta pesquisa apresentou como contribuições:

- Criação de um modelo de fusão de dados múltiplos sensores fontes de informação baseado no Modelo JDL para inferir informações no domínio da assistência a idosos *(AAL)*, em ambientes *outdoor*.
- Criação da ontologia ELSA para identificar situações de emergência a partir do diagnóstico de eventos relacionados às atividades dos idosos em ambientes *outdoor*, utilizando dados dos sensores inseridos nos *smartphones* e outras fontes de informação externas.
- Especificação e implementação do sistema *SafeRoute* como ferramenta para avaliar nosso modelo de fusão de dados para a realização de testes e posterior avaliação.

- Realização de um teste de hipóteses com os dados coletados, apesar de não termos conjuntos estatisticamente significativos.

- Exposição dos resultados alcançados, a partir de um estudo experimental comparativo, que contribuiu para avaliar a hipótese proposta para o problema do trabalho.

6.3 Trabalhos futuros

A tecnologia de sistemas multi-agentes *(MAS)* constitui uma área que tem tomado relevância no desenvolvimento de sistemas complexos distribuídos. Por exemplo, em [28], os autores atingem o problema das quedas em idosos, através de um sistema com três tipos de agentes inter-relacionados que se coordenam para conhecer a posição de um usuário a partir de dados obtidos por meio de um celular e a posição *GPS*, dando uma resposta mediante *SMS* o uma chamada automática em caso de detectar uma queda. Em [58], os autores desenvolveram um aplicativo para ajudar a pessoas com doença de *Alzheimer* e seus cuidadores usando um sistema multi-agente para monitorar as rotinas diárias em ambientes *outdoor* de pessoas com doença de *Alzheimer* através de alertas para os seus cuidadores. Propõe-se aplicar as experiências adquiridas na área de fusão de dados de sensores na área de *AAL* para integrar a nossa abordagem a tecnologia multi-agentes *(MAS)*. Achamos que as características próprias dos sistemas multi-agentes (autonomia, integração de dados de nível superior, compartimentação natural de informações contextuais, etc.) são compatíveis com o desenvolvimento de aplicações *AAL*, e a integração dessa tecnologia vai contribuir para que o monitoramento das pessoas da terceira idade seja mais eficiente.

Nesta abordagem, especificamente no nível de refinamento dos objetos do modelo *JDL* de fusão de dados, foi descrita a proposta para a detecção de quedas a partir dos dados fornecidos pelo sensor do acelerômetro do *smartphone*. No entanto, achamos que a acurácia na detecção deste evento e de outras atividader

físicas pode ser melhorada com a aplicação de técnicas de fusão dos outros sensores inseridos nos *smartphones*, além do acelerômetro. Como trabalho futuro, é proposta a aplicação de uma técnica de fusão de dados similar a [12], que utilizaram o algoritmo *SVM* (*Support vector machine*) para fazer o reconhecimento da atividade diária dos idosos usando os dados dos sensores do acelerômetro, sensor de temperatura e o altímetro, incorporados a uma pulseira.

Como trabalho futuro propõe-se a evolução da ontologia ELSA para contemplar formas de monitoramento ao idoso em novos ambientes. Assim, vamos a ampliar o escopo da ontologia com a inclusão e descrição de conceitos relacionados com o monitoramento dos idosos em ambientes *indoors*.

Referências

[1] Abadi, M. J.; Gu, Y., et al. Improving heading accuracy in smartphone-based pdr systems using multi-pedestrian sensor fusion. *Electrical Engineering 188* (2013), 9–35.

[2] Acampora, G., et al. A survey on ambient intelligence in healthcare. In *Proceedings of the IEEE* (2013), pp. 2470–2494.

[3] Alfonso-Cendón, J., F.-d.-A. J. M. F.-F. R. . P. J. Implementation of context-aware workows with multi-agent systems. In *Neurocomputing* (2015).

[4] Arduino. Arduino, 2016. Disponível em `https://www.arduino.cc`.

[5] assisted living joint programmee, A. A. A. A. a. ambient assisted living joint programme, 2016. Disponível em `http://www.aaleurope.eu/projects/AALCatalogueV3.pdf`.

[6] Baldoni, R.; Di Ciccio, C.; Mecella, M.; otehrs. An embedded middleware platform for pervasive and immersive environments for-all. In *Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks* (2009), pp. 1–3.

[7] Barralon, P.; Noury, N. Classification of daily physical activities from a single kinematic sensor. In *27th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society* (2005), pp. 2447–2450.

[8] Bernardo, J. Application of the jdl data fusion process model to hard/soft information fusion in the condition monitoring of aircraft. In *International Society for Optics and Photonics* (2014), pp. 91220L–91220L–7.

[9] Bevilacqua, M., et al. Jdata fusion strategy for precise vehicle location for intelligent self-aware maintenance systems. In *6th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS)* (2015).

[10] Blázquez, G.; Berlanga, A.; Molina, J. Incontexto: Multisensor architecture to obtain people context from smartphones. *International Journal of Distributed Sensor Networks* (2012).

[11] Brumitt, B.; Meyers, B. o. Easyliving:technologies for intelligent environments. In *Handheld and ubiquitous computing* (2000), pp. 12–29.

[12] Chernbumroong, S., et al. Elderly activities recognition and classification for applications in assisted living. *Expert Systems with Applications 40*, 5 (2013), 1662–1674.

[13] Cook, D. J.and Youngblood, M.; Das, S. K. A multi-agent approach to controlling a smart environment. In *Designing smart homes. Springer* (2006), pp. 165–182.

[14] El Faouzi, N.; Leung, H.; A, K. Data fusion in intelligent transportation systems: Progress and challenges–a survey. *Information Fusion 12*, 1 (2011), 4–10.

[15] Elmenreich, W. *Sensor fusion in time-triggered systems.* Tese de Doutorado, Fakultat fur Technische Naturwissenschaften und Informatik, Technischen Universitat Wien, Viena,Austria, Outubro 2002.

[16] Esteban, J.; Starr, A., et al. A review of data fusion models and architectures: towards engineering guidelines. neural computing applications. *Neural Computing Applications 14*, 4 (2005), 273–281.

[17] F, W. Jdl, data fusion lexicon. In *Technical Panel for C3, Data Fusion SubPanel, Naval Ocean Systems Center* (1987).

[18] Fernandez, F. *Data fusion architecture for intelligent vehicles.* Tese de Doutorado, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, Espanha, Novembro 2012.

[19] Ganti, R.; Srinivasan, S.; Gacic, A. Multisensor fusion in smartphones for lifestyle monitoring. In *2010 International Conference on Body Sensor Networks (BSN)* (2010), pp. 36–43.

[20] García, J.and Molina, J. M.; Berlanga, A.; De Miguel, G. Data fusion alternatives for the integration of millimetre radar in airport surveillance systems. In *Radar Conference 2005 IEEE International* (2005), pp. 796–801.

[21] Hall, D.; Llinas, J. An introduction to multisensor data fusion. *Proceedings of the IEEE 85*, 1 (1998), 6–23.

[22] Hashimoto, A.; Mori, N., et al. Smart kitchen: A user centric cooking support system. In *Proceedings of IPMU* (2008), pp. 848–854.

[23] Helal, S.; Chen, C. The gator tech smart house: enabling technologies and lessons learned. In *3rd International Convention on Rehabilitation Engineering Assistive Technology* (2009), pp. 13–13.

[24] IBGE. Sinopse dos resultados do censo, 2010. Disponível em `http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/webservice/`.

[25] Leijdekkers, P.; Gay, V.; Lawrence, E. Smart homecare system for health tele-monitoring. In *ICDS'07. First International Conference in Digital Society* (2007), pp. 3–3.

[26] Ling, B.; Intille, S. Activity recognition from user-annotated acceleration data. In *Second International Conference, PERVASIVE* (2004), pp. 1–17.

[27] Markin, M.; Harris, C.; Bernhardnt, M., et al. Technology foresight on data fusion and data processing. *The Royal Aeronautical Society* (1997).

[28] Martín, P.; Sánchez, M., et al. Multi-agent system for detecting elderly people falls through mobile devices. *Ambient Intelligence-Software and Applications* (2011), 93–99.

[29] Mastrogiovanni, F.; Sgorbissa, A.; Zaccaria, R. A distributed architecture for symbolic data fusion. *IJCAI* (2007), 2153–2158.

[30] McGilton, K.; Rivera, T.; Dawson, P. Can we help persons with dementia find their way in a new environment? *Aging Mental Health 5* (2003), 363–371.

[31] Meelon, M. What is an example of data fusion? how does it help in big data? is it data analysis technique?, 2014. Disponível em `https://www.quora.com/What-is-an-example-of-data-fusion-How-does-it-help-in-big-data-Is-it-data-ana`

[32] Miluzzo, E.; Lane, N. D., et al. Sensing meets mobile social networks: the design, implementation and evaluation of the cenceme application. In *6th ACM conference on Embedded network sensor systems* (2008), pp. 337–350.

[33] Nehmer, J.; Becker, M. K. A. L. R. Living assistance systems: an ambient intelligence approach. In *28th international conference on Software engineering* (2006), pp. 43–50.

[34] Nomtek. Scanning rooms with an iphone, 2014. Disponível em `http://www.nomtek.com/scanning-rooms-with-an-iphone`.

[35] Papliatseyeu, A.; Mayora, O. Mobile habits: Inferring and predicting user activities with a location-aware smartphone. In *3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence* (2009), pp. 343–352.

[36] Paradis, S.; Roy, J.; Treurniet, W. Integration of all data fusion levels using a blackboard architecture. *Bedworth and O'Brien* (1998), 195–202.

[37] Programme, A. A. L. Active assisted living programme, 2015. Disponível em `http://www.aal-europe.eu`.

[38] Provencher, V., et al. Errorless-based techniques can improve route finding in early alzheimer's disease: a case study. *American journal of Alzheimer's disease and other dementias 23* (2008), 47–56.

[39] Rashidi, P.; Mihailidis, A. A survey on ambient-assisted living tools for older adults. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics 17*, 3 (2013), 579–590.

[40] Research, P. Ambient intelligence in homelab, 2002. Disponível em `https://andre.meyer-vitali.com/documents/ambientintelligence.pdf`.

[41] Román, M.; Hess, C., et al. A middleware infrastructure for active spaces. *IEEE pervasive computing 4*, 1 (2002), 74–83.

[42] Roussaki, I.; Strimpakou; M.; Kalatzis, et al. Hybrid context modeling: A location-based scheme using ontologies. In *Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, 2006.* (2006), pp. 6–7.

[43] Sadri, F. Ambient intelligence: A survey. *ACM Computing Surveys (CSUR) 43*, 4 (2011), 1–66.

[44] Safizadeh, M. S., . L. S. K. Using multi-sensor data fusion for vibration fault diagnosis of rolling element bearings by accelerometer and load cell. *Information Fusion 18* (2014).

[45] Sanchez-Pi, N.; Marti, L.; M., M. J.; Bicharra Garcia, A. C. High-level information fusion for risk and accidents prevention in pervasive oil industry environments. In *Highlights of Practical Applications of Heterogeneous Multi-Agent Systems. The PAAMS Collection* (2014), pp. 202–213.

[46] Sanchez-Pi, N.; Marti, L.; M., M. J.; Bicharra Garcia, A. C. An information fusion framework for context-based accidents prevention. In *17th International Conference on Information Fusion (FUSION)* (2014), pp. 1–8.

[47] Scheidig, A. Generating persons movement trajectories on a mobile robot. In *The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication* (2006), pp. 747–752.

[48] Sendra, S.; Granell, E., et al. Smart collaborative mobile system for taking care of disabled and elderly people. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies 19*, 3 (2013), 287–302.

[49] Smanioto, N.; Haddad, M. Índice de katz aplicado a idosos institucionalizados. *Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste-Rev Rene 12*, 1 (2012).

[50] Stanford, V.; Garofolo, J., et al. The nist smart space and meeting room projects: signals, acquisition annotation, and metrics. *Acoustics, Speech, and Signal Processing 4* (2003), IV–736.

[51] Steinberg, A.; Bowman, C.; White, F. Revisions to the jdl data fusion model. In *AeroSense'99. International Society for Optics and Photonics* (1999), pp. 430–441.

[52] Tazari, M.-R.; Furfari, F., et al. The persona service platform for aal spaces. In *Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments* (2010), pp. 1171–1199.

[53] Teixeira, L.; JC, I. Avaliação do nível de independência funcional nas atividades de vida diária de idosos institucionalizados. *Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto 4.1* (2005), 33–38.

[54] Thomopoulos, S. Sensor integration and data fusion. In *Advances in Intelligent Robotics Systems Conference. International Society for Optics and Photonics.* (1990), pp. 178–191.

[55] Tiberghien, T. *Strategies for context reasoning in assistive livings for the elderly.* Tese de Doutorado, Evry, Institut national des télécommunications, Niterói, RJ, Brasil, Julho 2013.

[56] Van Hage, W. R.; Malaisé, V., S. R., et al. Design and use of the simple event model (sem). *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web 9*, 2 (2011), 128–136.

[57] W3C. Geolocation api specification, 2013. Disponível em `https://www.w3.org/TR/2013/REC-geolocation-API-20131024/`.

[58] Wan, J., et al. Orange alerts: Lessons from an outdoor case study. *5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)* (2011), 446 – 451.

[59] Wang, X. H.; Zhang, D. Q., et al. Ontology based context modeling and reasoning using owl. In *Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops* (2004), pp. 18–22.

[60] weather Online, W. Weather api, 2015. Disponível em `https://http://www.worldweatheronline.com/api/`.

[61] Weiss, T.; Spruck, J.; Dietmayer, K. A scalable sensor fusion framework for the localization of a vehicle on detailed digital maps using laserscanners. In *IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems* (2006), pp. 444–449.

[62] Youngblood, G. M., et al. Automation intelligence for the smart environment. In *International Joint Conference On Artificial Intelligence* (2005), pp. 1513–1514.

APÊNDICE A – Index de Independência nas Atividades de Vida Diária desenvolvido por Katz

AVALIAÇÕES FUNCIONAIS

ESCALA DAS ATIVIDADES DA VIDA DIÁRIA – AVD

PACIENTE: _____ IDADE: _____
DATA DE AVALIAÇÃO: _____

1 - Cuidados Pessoais

A – Alimentação
0 = normal
1 = independente
2 = necessita de ajuda para cortar ou servir, derruba com freqüência
3 = deve ser alimentado na maioria das refeições

B – Vestir-se
0 = normal
1 = independente, mas lento e desajeitado
2 = seqüência errada, esquece itens
3 = necessita de ajuda para vestir-se

C – Banho
0 = normal
1 = banha-se só, mas necessita ser lembrado
2 = banha-se só, com assistência
3 = deve ser banhado por outros

D – Eliminações fisiológicas
0 = vai ao banheiro independentemente
1 = vai ao banheiro quando lembrado: alguns problemas
2 = precisa de assistência para a atividade
3 = não tem controle sobre fezes e urina

E – Medicação
0 = lembra sem ajuda
1 = lembra-se quando a medicação é deixada em local especial
2 = necessita de lembretes escritos ou falados
3 = deve receber a medicação de outros

F – Interesse na aparência pessoal
0 = o mesmo de sempre
1 = interessa-se quando vai sair, mas não em casa
2 = permite ser arrumado ou o faz quando solicitado
3 = resiste para ser limpo e trocado por terceiros

2 - Cuidados Domésticos

A – Preparação de comidas, cozinhar
0 = planeja e prepara comidas sem dificuldades
1 = cozinha, mas menos que o habitual ou com menos variedade
2 = pega a comida somente se esta já estiver preparada
3 = nada faz para preparar a comida

B – Arrumação da mesa
0 = normal
1 = independente, mas lento ou desajeitado
2 = esquece-se de itens ou os coloca em local errado
3 = não realiza mais esta atividade

C – Trabalhos domésticos
0 = mantém a casa como de costume
1 = faz apenas metade do seu trabalho
2 = ocasionalmente varre a casa ou faz pequenos serviços
3 = não mais cuida da casa

D – Reparos domésticos
0 = realiza todos os reparos habituais
1 = realiza ao menos metade dos reparos habituais
2 = ocasionalmente faz reparos menores
3 – não faz mais nenhum reparo

E - Lavar roupas
0 = lava-as como de costume (rotina)
1 = lava com menor freqüência
2 = lava apenas se lembrado; esquece o sabão
3 = não lava mais as roupas

3 – Trabalho e recreação

A – Trabalho
0 = trabalha normalmente
1 = problemas leves com responsabilidades de rotina
2 = trabalha em atividade mais fácil ou meio período; medo de perder o emprego
3 = não trabalha mais

B – Recreação
0 = a mesma habitual
1 = atividade recreacional menos freqüente
2 = perdeu certas habilidade necessárias para atividades recreativas, deve ser persuadido a participar das atividades
3 = não possui mais atividades recreacionais

C – Organizações
0 = comparece a encontros; mantém as responsabilidades como sempre
1 = comparece menos freqüentemente
2 = comparece ocasionalmente, não tem maiores responsabilidades
3 = não comparece mais aos encontros

D – Viagens
0 = o mesmo que o habitual
1 = viaja se alguém mais dirigir
2 = viaja em cadeira de rodas
3 = limitado à casa ou ao hospital

4 – Compras e dinheiro

A - Compra de comidas
0 = normal
1 = esquece de itens ou compra itens desnecessários
2 = necessita ser acompanhado enquanto faz as compras
3 = não mais faz as compras

B – uso de dinheiro
0 = normal
1 = tem dificuldade em pagar valores exatos, contar o dinheiro
2 = perde ou coloca o dinheiro em local errado
3 = não mais manipula o dinheiro

C – Administração das finanças
0 = pagamento de contas e serviços bancários normais
1 = paga contas atrasadas, dificuldade para preencher cheques
2 = esquece de pagar as contas, problemas para administrar o saldo bancário; necessita ajuda de terceiros
3 = não administra mais as finanças

5 – Locomoção

A – Transporte público
0 = utiliza transporte público normalmente
1 = utiliza transporte público menos freqüentemente
2 = perde-se utilizando transporte público
3 = não usa mais transporte público

B – Condução de veículos
0 = dirige normalmente
1 = dirige mais cautelosamente
2 = dirige menos cuidadosamente; perdeu-se enquanto dirigia
3 = não mais dirige

C – Mobilidade pela vizinhança
0 = normal
1 = sai de casa menos freqüentemente
2 = perde-se nas proximidades de casa
3 = não sai mais desacompanhado (a)

D – Locomoção fora de locais familiares
0 = normal
1 = ocasionalmente fica desorientado em locais estranhos
2 = fica muito desorientado, mas locomove-se se acompanhado
3 = não é mais capaz de sair

6 – Comunicação

A – Uso do telefone
0 = normal
1 = liga apenas para alguns números familiares
2 = apenas atende ao telefone

3 = não usa mais o telefone

B – Conversas
0 = normal
1 = menos falante; dificuldade de lembrar-se de normas ou palavras
2 = comete erros ocasionais de fala
3 – fala quase ininteligível

C – Compreensão
0 = compreende tudo o que lhe é dito
1 = solicita que repitam
2 = tem dificuldade em compreender conversações ou palavras específicas, ocasionalmen
3 = não compreende que as pessoas falam na maior parte do tempo

D – Leitura
0 = normal
1 = lê com menor freqüência
2 = tem dificuldade em compreender ou lembrar-se do que leu
3 = não lê mais

E – Escrita
0 = normal
1 = escreve com menor freqüência, erros ocasionais
2 = apenas assina o nome
3 = nunca escreve

7 – Relações Sociais (cônjuge)

A – Relações familiares
0 = normais
1 = pequenos problemas matrimoniais
2 = sérios problemas matrimoniais
3 – divorciado, separado, sem mais relacionamentos

B – Relações familiares (crianças)
0 = normais
1 = facilmente irritável, punições intempestivas
2 = negligencia as necessidades físicas e emocionais dos filhos
3 = incapacitado para cuidar das crianças

C – Amigos
0 = encontra os amigos com a mesma freqüência
1 = encontra os amigos com menos freqüência
2 = aceita visitas, mas não procura companhia
3 = recusa-se à vida social; insulta os visitantes

PONTUAÇÃO TOTAL: / 90

ÍNDICE DE KATZ

FUNÇÃO		INDEPENDÊNCIA Faz sozinho, totalmente, habitualmente e corretamente atividade considerada (0)	DEPENDÊNCIA		
			PARCIAL		COMPLETA
			Faz parcialmente ou não corretamente a atividade ou com pouca dificuldade		O idoso não faz a atividade considerada (3)
			Ajuda não humana (1)	Ajuda humana (2)	
BANHAR-SE Usa adequadamente chuveiro, sabão e/ou esponja		Independente para entrar e sair do banheiro.	Necessidade de ajuda através do uso de órtese ou algum apoio material para o banho.	Necessidade de ajuda humana para lavar algumas partes do corpo (costas ou pernas) ou supervisão	Recebe assistência no banho para mais de uma parte do corpo (ou não se banha)
VESTIR-SE Apanha a roupa do armário ou gaveta, veste-se e consegue despir-se. Exclui-se calçados.		Independente para pegar a roupa e se vestir	Necessidade de apoio de algum objeto para se vestir.	Necessidade de ajuda humana para pegar a roupa.	Dependência total para vestir-se.
USO DO BANHEIRO Locomove-se até o banheiro, despe-se e limpa-se e arruma a roupa.		Independente para ir ao banheiro e se limpar.	Necessidade de ajuda através do uso de órtese ou marreco, comadre e urinol para a higiene	Necessidade de ajuda humana para ir ao banheiro ou se limpar.	Não vai ao banheiro para o processo de eliminação
TRANSFERIR-SE Locomove-se da cama para a cadeira e vice-versa		Independente para entrar ou sair do leito, sentar e levantar da cadeira.	Necessidade de ajuda através do uso de órtese ou de algum apoio material para realizar a transferência	Necessidade de ajuda humana parcial para entrar e sair do leito, sentar e levantar da cadeira.	Não sai da cama. Restrito ao leito
CONTROLE ESFINCTE-RIANO (Considerar o escore mais alto)	**Micção**	Independência para controlar a micção	Necessidade de ajuda através do uso regular de urinol, comadre ou marreco para controle da micção e defecação.	Necessidade de ajuda humana para controle da micção) ou usa fralda noturna somente (supervisão)	Dependência total através do uso constante de cateteres ou fraldas
	Evacuação	Independência para controlar os movimentos intestinais	Necessidade de ajuda através do uso regular de urinol, comadre ou marreco para controle da defecação.	Necessidade de ajuda humana para controle da defecação (supervisão) ou usa fralda noturna somente.	Dependência total através do uso constante de fraldas
ALIMENTAR-SE Consegue apanhar a comida do prato ou equivalente e levar à boca		Independente para pegar o alimento e levá-lo até a boca.	Necessidade de ajuda através do uso de adaptadores para a alimentação	Alimenta-se sozinho exceto pela assistência para cortar a carne e passar manteiga no pão.	Dependência total para a alimentação.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO IDOSO

QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO IDOSO

Título do Projeto: Um modelo de fusão de informação e dados de sensores baseado no Modelo JDL para a assistência não intrusiva a idosos em ambientes outdoor

O objetivo desse questionário é colher informações sobre o seu perfil. A não ser que esteja indicado, deverá ser marcada somente uma resposta por questão. Por favor, leia com atenção as questões a seguir e, em caso de dúvida, solicite esclarecimento ao avaliador.

*Obrigatório

INFORMAÇÕES GERAIS

1. Nome: *

2. Faixa etária: *

- ○ 60 -70 anos
- ○ 70 - 80 anos
- ○ 80 - 90 anos
- ○ mais de 90 anos

3. Sexo: *

- ○ Masculino
- ○ Feminino

4. Grau de instrução:

- ○ Ensino fundamental
- ○ Ensino médio
- ○ Ensino superior
- ○ Pós-graduação
- ○ Não desejo informar

5. Que problemas de saúde o(a) Sr.(a) já enfrentou ?

- ☐ Dificuldades para caminhar
- ☐ Dificuldade para lembrar de algumas coisas
- ☐ Problemas de visão

- [ ] Problemas de audição
- [ ] Problemas de equilíbrio
- [ ] Dificuldades para fazer mais de uma tarefa ao mesmo tempo
- [ ] Fico cansado com frequência
- [ ] Fico confuso ou me perco na rua.
- [ ] Outro:

6. Com que frequência você acostuma fazer atividades ao ar livre ?

- ○ Quase todos os dias da semana
- ○ Poucos dias na semana
- ○ Quase nunca

7. Você precisa ou gosta de receber ajuda quando faz atividades ao ar livre ?

- ○ Eu não gosto de fazer atividades ao ar livre. Prefiro ficar em casa
- ○ Gostaria de fazer atividades ao ar livre mas não posso pois estou doente e eu preciso que ficar em casa.
- ○ Eu normalmente faço atividades ao ar livre e não preciso de ajuda
- ○ Eu normalmente faço atividades ao ar livre e não gosto de receber nenhuma ajuda
- ○ Eu gosto de fazer atividades ao ar livre, mas preciso de ajuda (ir de mãos dadas com um cuidador, etc.)

8. Caso você não costume fazer atividades ao ar livre, pode explicar quais são seus motivos?

9. Você teve, em alguma ocasião, alguns desses problemas fazendo atividades fora de casa ?

- [ ] Eu me perdi caminhando
- [ ] Sofri muito de calor excessivo
- [ ] Sofri muito de frio excessivo
- [ ] Sofri uma queda
- [ ] Fui atropelado
- [ ] Fui roubado
- [ ] Fiquei muito esgotado
- [ ] Tive problemas de sáude
- [ ] Fiquei confuso
- [ ] Outro:

10. Considerando a resposta da pergunta anterior, para qual(is) dessas pessoas você solicitou ajuda?

- [ ] Meu médico
- [ ] Um membro da minha família.
- [ ] A pessoa responsável pelo meu cuidado.
- [ ] Uma pessoa desconhecida que estava perto de onde eu tive o incidente.
- [ ] Um conhecido da minha vizinhança
- [ ] Outro:

11. Considerando a resposta da pergunta 7, com que frequência alguém me ajudou?

- ○ Todas as vezes
- ○ A maioria das vezes
- ○ Algumas vezes
- ○ Nunca

12. Você acha que a ajuda chegou de maneira rápida ?

- ○ Sim
- ○ Não

INFORMAÇÕES SOBRE O USO DA TECNOLOGIA

13. Quais dessas tecnologias são as mais familiares para você ?

- [ ] Smartphone
- [ ] Tablet
- [ ] Notebook
- [ ] TV
- [ ] Rádio
- [ ] Telefone fixo
- [ ] Outro:

14. Como você avalia a sua familiaridade no uso dos smartphones?

	1	2	3	4	5	
Difícil	○	○	○	○	○	Fácil

15. Com que frequência você costuma usar o smartphone ?

- ○ Muitas vezes no dia

- ○ Algumas vezes por dia
- ○ Pouco, apenas alguns dias.
- ○ Nunca

16. No caso você costume usar smartphones, com que propósito você o usa principalmente?

- ○ Fazer ligações
- ○ Jogar
- ○ Usar o mapas
- ○ Navegar pela Internet
- ○ Escutar música
- ○ Fotografar
- ○ Enviar messagens
- ○ Enviar e-mails

17. Você considera relevante que os smartphones forneçam assistência na sua rotina fora de casa ?

- ○ Sim
- ○ Não

18. Quais funcionalidades você gostaria que o smartphone tivesse para ajudar você na sua rotina fora de casa?

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO CUIDADOR

QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO CUIDADOR

Título do Projeto: Um modelo de fusão de informação e dados de sensores baseado no Modelo JDL para a assistência não intrusiva a idosos em ambientes outdoor

O objetivo desse questionário é colher informações sobre o seu perfil. A não ser que esteja indicado, deverá ser marcada somente uma resposta por questão. Por favor, leia com atenção as questões a seguir e, em caso de dúvida, solicite esclarecimento ao avaliador.

*Obrigatório

INFORMAÇÕES GERAIS

1. Nome: *

2. Faixa etária: *

- ○ 20 - 30 anos
- ○ 30 - 40 anos
- ○ 40 - 50 anos
- ○ 50 - 60 anos

3. Sexo: *

- ○ Masculino
- ○ Feminino

4. Grau de instrução:

- ○ Ensino fundamental
- ○ Ensino médio
- ○ Ensino superior
- ○ Pós-graduação
- ○ Não desejo informar

5. Os idosos que você cuida costumam fazer atividades ao ar livre ?

- ○ Raramente, pois são idosos doentes e estão acamados, ou ficam sentados dentro da casa.
- ○ Raramente, pois não gostam de fazer atividades ao ar livre
- ○ Frequentemente, fazem essas atividades na minha companhia ou de outro cuidador (são

cadeirantes, precisam ir de mãos do cuidador)

- ○ Frequentemente, fazem essas atividades sem a presença de nenhum cuidador

6. Os idosos que você cuida se sentem confortáveis com a sua presença quando fazem atividades ao ar livre ?

- ○ Sim
- ○ Não
- ○ As vezes.

7. Em quais destes problemas você já teve que auxiliar algum idoso sob seu cuidado ?

- ☐ O idoso ficou perdido caminhando
- ☐ O idoso sofreu uma queda
- ☐ O idoso foi atropelado
- ☐ O idoso sofreu problemas de sáude relacionado ao calor excessivo ou frio excessivo.
- ☐ O idoso sofreu de algum problema de sáude grave (desmaio, queda com fratura)
- ☐ O idoso ficou muito esgotado.
- ☐ Outro:

8. Considerando as situações da pergunta anterior, a que distância você estava de eles?

- ○ Ao lado dele
- ○ Em uma área próxima
- ○ Distante

9. Quais são as principais características de locomoção dos idosos que você cuida?

- ☐ Tem idosos que estão em cadeia de rodas
- ☐ Os idosos precisam de ajuda para caminar (ir de maõs dadas, utilizar bastão para se apoiar)
- ☐ Os idosos conseguem caminhar sem dificuldades

10. Considerando a resposta da pergunta anterior, quanto tempo você demorou para auxiliar o idoso?

- ○ Pouco tempo (0 - 5 minutos)
- ○ Tempo médio (5 - 20 minutos)
- ○ Muito tempo (mais de 20 minutos)

11. Considerando os cenários de risco descritos na pergunta 7, com que frequência eles acontecem?

- ○ Muitas vezes por dia
- ○ Poucas vezes por dia
- ○ Alguns dias da semana
- ○ Quase nunca

12. Qué outro tipo de ajuda você acha que poderia lhe dar aos idosos que está cuidando?

INFORMAÇÕES SOBRE O USO DA TECNOLOGIA

13. Quais dessas atividades você costuma fazer normalmente?

- ☐ Revisar Facebook usando o celular
- ☐ Fazer ligações usando o celular
- ☐ Utilizar o Notebook
- ☐ Fazer ligações usando o telefone fixo
- ☐ Enviar SMS usando o celular
- ☐ Enviar messagens pela Internet usando o celular (Whatsap, Facebook, etc)

14. De que formas voce costuma se comunicar com os parentes do idoso que você cuida?

- ○ Ligo para eles usando o telefone fixo
- ○ Envio SMS usando o celular
- ○ Ligo para eles usando o celular
- ○ Envio messagens usando Internet (Whatsap, Facebook, etc) através do celular

15. Você acha que um uso melhor das tecnologias da pergunta 13 poderiam melhorar a comunicação de você com o idoso e com os parentes do idoso que você cuida?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pouco	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Muito

16. Quais funcionalidades você gostaria que o smartphone ou outra tecnologia tivesse para ajudar os idosos na sua rotina fora de casa e a você como cuidador?

APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Instituto de Computação	**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE** **INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO** **Laboratório de Documentação Ativa e Design Inteligente** **DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**	ADDLabs

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: UM MODELO DE FUSÃO DE INFORMAÇÃO E DADOS DE SENSORES BASEADO NO MODELO JDL PARA A ASSISTÊNCIA NÃO INTRUSIVA A IDOSOS EM AMBIENTES OUTDOOR

Prezado usuário,

Você foi convidado a participar de um estudo que tem por objetivo realizar a avaliação do protótipo de um aplicativo para smartphone que faz o monitoramento a idosos em sua rotina diária ao ar livre. O protótipo foi desenvolvido para apoiar o trabalho de monitoramento de cuidadores e familiares a idosos que costumam fazer atividades diariamente ao ar livre. O objetivo do aplicativo é detectar alguma situação de emergência, que pode ser: o afastamento de uma rota predefinida, uma situação simulada aonde o idoso cai na rua (o idoso não vai simular a queda), ou uma situação ambiental de risco para sua saúde (calor ou frio excessivo, ameaça de chuva). O aplicativo contribui para alertar a cuidadores ou familiares em caso de uma destas situações. O aplicativo vai também avisar ao próprio idoso se uma destas situações acontecer, no caso do idoso, a interação com o aplicativo será mínima.

Para fins de pesquisa do nosso estudo, gostaríamos de observar a execução de tarefas que os idosos costumam fazer na sua rotina diária ao ar livre em um ambiente devidamente controlado.

A data e horário de observação para avaliação do projeto serão previamente agendadas. A sessão consistirá no uso de um smartphone que tem o aplicativo instalado e uma câmara de vídeo para gravar a sua interação com o aplicativo e observar possíveis pontos positivos e negativos no uso do protótipo do aplicativo então projetado. **É importante ressaltar que será avaliado o aplicativo e não você.**

Este procedimento não apresenta riscos para você, uma vez que o estudo vai ser em um ambiente controlado com a intervenção do supervisor do teste, caso seja necessário, para garantir sua segurança. Serão realizadas duas entrevistas, uma antes do teste para fazer uma caracterização do usuário e outra depois do teste para avaliar o nível de satisfação quanto ao uso do aplicativo. Você poderá, se desejar, retirar-se da sessão a qualquer momento.

Sua identidade será preservada, pois cada indivíduo será identificado por um número, e o foco principal da gravação consiste na captura da sua interação com o aplicativo.

As pessoas que estarão acompanhando a avaliação serão dois estudantes de Pós-graduação do Instituto de Computação da UFF – Universidade Federal Fluminense (Javier Jimenéz Alemán e Igor da Penha Natal).

Solicitamos sua autorização para o uso dos dados para a produção de artigos técnicos e científicos. A privacidade será mantida através da não identificação do seu nome, bem como a não divulgação de fotos e vídeos que tornem possível sua identificação.

Agradecemos a vossa participação e colaboração.

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa, recebendo de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto, e todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que, neste estudo, as observações dos experimentos/procedimentos de tratamento serão feitas comigo.

Declaro que fui informado sobre poder me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome por extenso: _____

Assinatura: _____ Niterói, ____/____/___.

CONSENTIMENTO PARA FOTOGRAFIAS, VÍDEOS E GRAVAÇÕES

Eu, _____, permito que o grupo de pesquisadores relacionados abaixo obtenha fotografia, filmagem ou gravação da minha pessoa para fins de pesquisa científica e educacional.

Eu concordo que o material e informações obtidas relacionadas a mim possam ser publicados em aulas, congressos, palestras ou periódicos científicos. Porém, a minha pessoa não deve ser identificada por nome, foto ou gravação que torne possível o reconhecimento.

As fotografias, vídeos e gravações ficarão sob a propriedade do grupo de pesquisadores pertinentes ao estudo.

Nome por extenso: _____

Assinatura: _____

Equipe de pesquisadores:
Igor da Penha Natal (aluno de pós-graduação da UFF)
Javier Jimenéz Alemán (aluno de pós-graduação da UFF)
Prof.ª Ana Cristina Bicharra Garcia (Professora da UFF)
Prof. Luis Marti (Professor da UFF)
Prof.ª Nayat Sánchez-Pi (Professora da UERJ)

Local onde será realizado o projeto:
Casa de Repouso para Idosos :
Endereço:
Niterói – RJ. CEP:

Data: ____/____/_____

APÊNDICE E – AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA

Instituto de Computação	UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO Laboratório de Documentação Ativa e Design Inteligente DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO	ADDLabs

AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA

Pesquisadores	Prof.ª Ana Cristina Bicharra Garcia
	Prof.ª Nayat Sánchez-Pi
	Prof. Luis Marti
	Javier Jiménez Alemàn
	Igor da Penha Natal

Título da pesquisa	Um modelo de fusão de informação e dados de sensores baseado no modelo JDL para a assistência não intrusiva a idosos em ambientes outdoor
Descrição da pesquisa	Auxiliar os cuidadores de pessoas da 3ra idade, buscando soluções por meio de questionários, com o objetivo de melhorar as atividades de rotina.
Tempo de realização	
Dias e horários de realização	

A minha Instituição **autoriza** a realização da pesquisa acima descrita em suas dependências, sob responsabilidade dos pesquisadores supracitados, informando que a realização da mesma está condicionada aos princípios de ética e responsabilidade.

Data de autorização:	**Data do Ciente:**
Autorizador:	**Assinatura do Pesquisador**
Carimbo	

APÊNDICE F - CENÁRIO MOTIVADOR

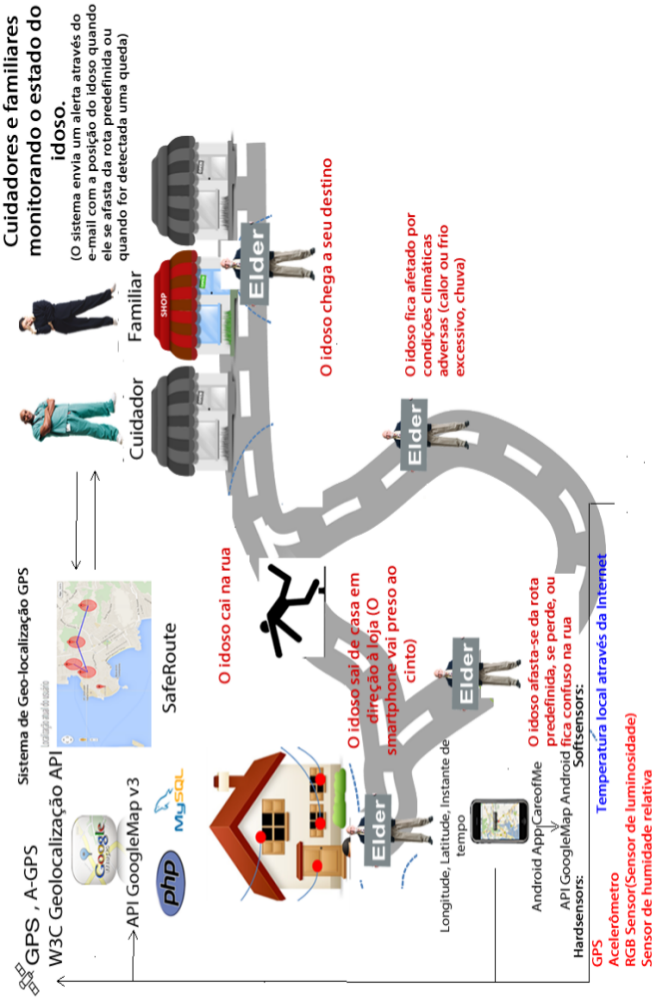

Figura F.1: Cenário motivador

APÊNDICE G – PROPOSTA DE MODELO DE FUSÃO DE DADOS

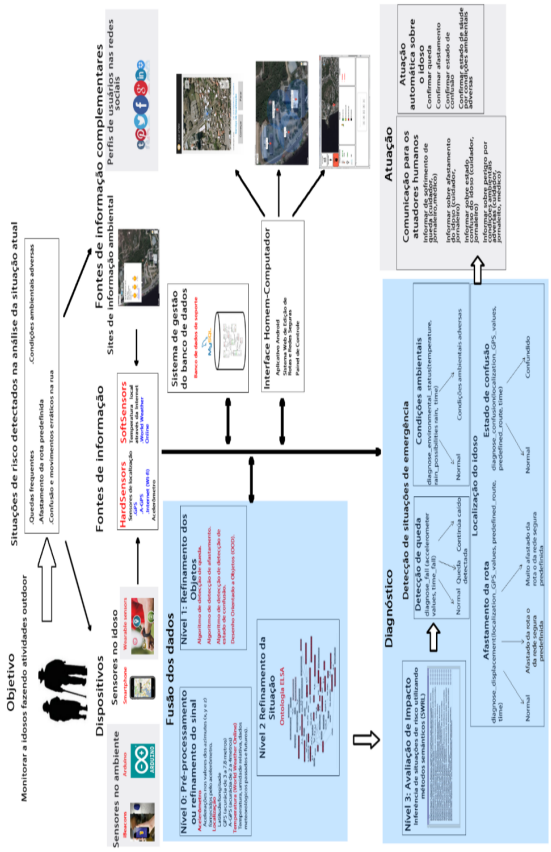

Figura G.1: Modelo de Fusão de dados proposto

APÊNDICE H - ONTOLOGIA ELSA

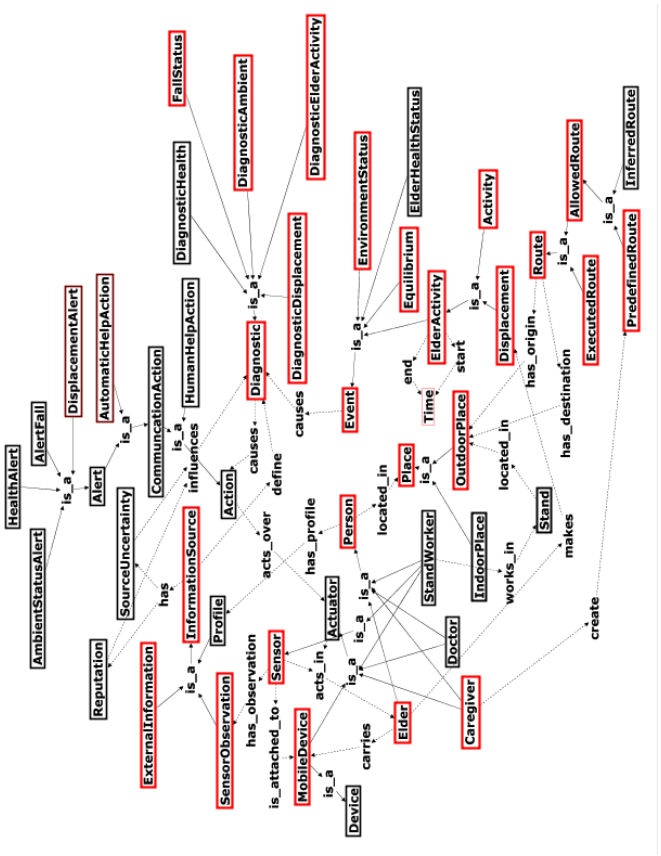

Figura H.1: Ontologia ELSA *(EldersSafe)*

APÊNDICE I - VISÃO HIERÁRQUICA DA ONTOLOGIA ELSA

Figura I.1: Visão hierárquica da Ontologia ELSA