

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**

**UMA ARQUITETURA PARA INTEGRAÇÃO DE UM ROBÔ EM UM  
AMBIENTE PERVASIVO NO TRATAMENTO DE PACIENTES EM  
HOMECARE**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Samuel Vizzotto**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2015**

**UMA ARQUITETURA PARA INTEGRAÇÃO DE UM ROBÔ EM UM  
AMBIENTE PERVASIVO NO TRATAMENTO DE PACIENTES EM  
HOMECARE**

**Samuel Vizzotto**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Informática da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como  
requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Mestre em Computação**

**Orientador: Prof. Dr. Giovani Rubert Librelotto**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinado,  
aprova o Projeto de Pesquisa

**UMA ARQUITETURA PARA INTEGRAÇÃO DE UM ROBÔ EM UM  
AMBIENTE PERVASIVO NO TRATAMENTO DE PACIENTES EM  
HOMECARE**

Elaborado por  
**Samuel Vizzotto**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Mestre em Computação**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Giovani Rubert Librelotto, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

**Juliana Kaizer Vizzotto, Dra. (UFSM)**

**Ana Marli Bulegon, Dra. (AMF)**

Santa Maria, 28 de Agosto de 2015.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha família, especialmente ao meu pai e à minha mãe, exemplos de luta, perseverança e valores aos quais me espelho. Mamãe, mais uma conquista na minha vida!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço o apoio de todos que contribuíram de alguma forma para a concretização deste trabalho. Principalmente ao meu orientador, Prof. Dr. Giovani R. Librelotto, que sempre me incentivou a ingressar no mestrado. Além de orientador, considero um grande amigo e um exemplo de pessoa. Aos meus irmãos e cunhado, pela motivação e confraternizações. Aos meus amigos de longa data que sempre estiveram presentes nos momentos bons e nos ruins. Agradeço em especial à força do Leandro O. Freitas e do Jonas B. Gassen. Agradeço também à Juliana M. Rossato, uma pessoa muito especial que teve uma participação importante nesta caminhada. E um sincero agradecimento ao meu pai e minha mãe, sempre presentes e solícitos.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Informática  
Universidade Federal de Santa Maria

### **UMA ARQUITETURA PARA INTEGRAÇÃO DE UM ROBÔ EM UM AMBIENTE PERVASIVO NO TRATAMENTO DE PACIENTES EM HOMECARE**

AUTOR: SAMUEL VIZZOTTO

ORIENTADOR: GIOVANI RUBERT LIBRELOTTO (UFSM)

Local da Defesa e Data: Santa Maria, 28 de Agosto de 2015.

O estudo de novas tecnologias voltadas à área da saúde é fundamental, considerando especialmente os problemas enfrentados pelos sistemas de informação, o aumento da expectativa de vida das populações e a necessidade de assistência especializada. A robótica tem permitido o atendimento de serviços domésticos integrados, bem como sistemas de monitoramento, facilitando as atividades dos seus usuários. Diante deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal a inserção de um robô, denominado *Rulian*, em um ambiente *homecare* pervasivo, visando complementar as ferramentas de assistência à saúde e possibilitar maior conforto aos pacientes. Utilizando uma arquitetura inovadora desenvolvida para sistemas pervasivos *homecare* para a integração das informações captadas do ambiente e das habilidades definidas para o robô, a proposta visa aumentar a percepção de cuidados sobre um paciente em tratamento ou recuperação. A partir da configuração de um ambiente *homecare* pervasivo já existente, desenvolveu-se uma arquitetura que possibilita que o robô interaja e se comunique com usuários e dispositivos computacionais, armazene dados e troque informações com o sistema pervasivo. O conhecimento existente no ambiente *homecare* foi representado através de ontologias. Para validar a metodologia proposta, apresenta-se um estudo de caso, onde o robô desempenha funções auxiliando os pacientes.

**Palavras-chave:** Computação pervasiva. *Homecare*. Ontologias. Robótica.

## **ABSTRACT**

Master's Dissertation  
Program in Computer Science  
Universidade Federal de Santa Maria

**AN ARCHITECTURE FOR INTEGRATION OF A ROBOT IN A PERVASIVE  
ENVIRONMENT PATIENTS IN TREATMENT IN HOMECARE**

**AUTHOR: SAMUEL VIZZOTTO**  
**ADVISOR: GIOVANI RUBERT LIBRELOTTO (UFSM)**  
Defense Place and Date: Santa Maria, August 28 th, 2015.

The study of new technologies in the field of healthcare is fundamental, especially considering the problems faced by information systems, the increasing of population's life expectancy and the need of specialized assistance. Robotics has been allowing the attendance of integrated domestic services, and also monitoring systems, facilitating user's daily activities. Considering this context, the present work has as main goal the insertion of a robot, named Rulian, in a pervasive homecare environment, aiming to complement the existing tools of health assistance and allowing more comfort to patients. Using an innovating architecture developed for pervasive homecare systems for the integration of information captured from the environment and the abilities defined for the robot, the proposal aims to increase the perception of care about patients in medical treatment or recovering. From the configuration of an existing pervasive homecare environment, we developed an architecture for the robot, allowing it to interact and communicate with users and devices, store data and exchange information with the pervasive system. The existing knowledge of the homecare environment was represented through ontologies. To validate the proposal methodology, we present a study case, where the robot performs tasks assisting the patients.

**Key words:** Pervasive computing. Homecare. Ontology. Robotic.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Robôs desenvolvidos para ambientes hospitalares (a) <i>RI-MAN</i> e (b) <i>RP-VITA</i> ; interação humana em ambiente homecare: (c) <i>GiraffPlus</i> e (d) <i>Paro</i> . ....	29
Figura 2: Modelo <i>Care-O-bot</i> e suas funções.....	30
Figura 3: Quatro modelos de agentes utilizados no experimento, realizando diferente aversão ao olhar (a-c) e manutenção do olhar (d), ANDRIST <i>et al.</i> (2013).....	32
Figura 4: Visão geral de um ambiente assistido por diferentes tecnologias robóticas que podem ser implementadas em um ambiente <i>homecare</i> proposto por Linner <i>et al.</i> (2014).....	36
Figura 5: Hierarquia de classes da ontologia para <i>homecare</i> .....	45
Figura 6: Atributos das classes .....	47
Figura 7: Grafo de relacionamentos .....	48
Figura 8: Arquitetura proposta para inserção do robô <i>Rulian</i> no ambiente <i>homecare</i> pervasivo composta por três domínios.....	52
Figura 9: Componentes do <i>módulo OntoHC</i> . ....	53
Figura 10: Estrutura XML que controla modificações de contexto. ....	55
Figura 11: Estrutura enviada por dispositivos computacionais para o sistema. ....	57
Figura 12: Funcionamento do módulo de notificação.....	58
Figura 13: Exemplo de um aplicativo móvel apresentando um lembrete ao paciente .....	59
Figura 14: Funcionamento do módulo de controle. ....	61
Figura 15: <i>Menu de comandos</i> do robô <i>Rulian</i> .....	63
Figura 16: Fluxo de informações a partir de um comando verbal.....	65
Figura 17: Imagens em 3-D captadas do ambiente interno. Adaptado de Georgoulas <i>et al.</i> (2014). ....	66
Figura 18: Sistema para locomoção.....	68
Figura 19: Fluxo de funcionamento do sistema pervasivo .....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Conteúdo dos menus que podem ser visualizados a partir dos ícones.....	64
Tabela 2: Exemplos de comandos verbais.....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASR	Automatic Speech Recognition
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor
DAML	DARPA Agent Markup Language
HTML	HyperText Markup Language
OWL	Web Ontology Language
PEP	Prontuário Eletrônico de Pacientes
SLAM	Simultaneous Localization and Mapping
SQL	Structured Query Language
SQWRL	Semantic Query-Enhanced Web Rule Language
SWRL	Semantic Web Rule Language
W3C	World Wide Web Consortium
XML	Extensible Markup Language

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	COMPUTAÇÃO PERVASIVA .....	16
	<b>2.1 Acesso a informação</b> .....	17
	<b>2.2 Ciência de contexto</b> .....	18
	<b>2.3 Adaptatividade</b> .....	19
	<b>2.4 Arquiteturas de aplicações sensíveis ao contexto</b> .....	19
	<b>2.5 Sumário do capítulo</b> .....	21
3	<i>HOME CARE</i> .....	22
	<b>3.1 Redes de <i>Homecare</i></b> .....	23
	<b>3.2 Sistemas robóticos em um ambiente <i>Homecare</i></b> .....	24
	<b>3.3 Requisitos para um robô em ambiente <i>Homecare</i></b> .....	26
	<b>3.4 Sumário do capítulo</b> .....	27
4	TRABALHOS RELACIONADOS .....	28
	<b>4.1 Estudos sobre a interface interação humana-robô</b> .....	28
	<b>4.2 Locomoção</b> .....	31
	<b>4.3 Dispositivos gráficos</b> .....	31
	<b>4.4 Processamento de sons</b> .....	33
	<b>4.5 Robôs e ambientes pervasivos</b> .....	34
	<b>4.6 Sumário do capítulo</b> .....	37
5	ONTOLOGIAS.....	38
	<b>5.1 Definições</b> .....	38
	<b>5.2 Elementos que formam as ontologias</b> .....	39
	<b>5.3 Vantagens da utilização de ontologias</b> .....	40
	<b>5.4 Critérios para construção de ontologias</b> .....	41
	<b>5.5 Inferências sobre ontologias</b> .....	42
	<b>5.6 Sumário do capítulo</b> .....	43
6	UMA ONTOLOGIA PARA AMBIENTES <i>HOME CARE</i> PERVASIVOS .....	44
	<b>6.1 Classes</b> .....	44
	<b>6.2 Atributos</b> .....	46
	<b>6.3 Relacionamentos</b> .....	47
	<b>6.4 Instâncias</b> .....	48
	<b>6.5 Consultas</b> .....	49
	<b>6.6 Inferências sobre a ontologia</b> .....	49

<b>6.7 Sumário do Capítulo</b> .....	50
<b>7 INSERÇÃO DE UM ROBÔ NO AMBIENTE <i>HEMOCARE</i> PERVASIVO</b> .....	51
<b>7.1 Arquitetura Proposta</b> .....	51
7.1.1 Módulo OntoHC .....	53
7.1.2 Sensores.....	54
7.1.3 Monitoramento e entrada de dados .....	55
7.1.4 Módulo de Notificação .....	58
7.1.5 Plano de cuidados .....	59
7.1.6 Módulo da nuvem computacional .....	60
<b>7.2 Especificação dos componentes do Robô</b> .....	60
7.2.1 O módulo de controle.....	60
7.2.2 Módulo de interação com o usuário .....	62
7.2.3 O módulo para processamento de som .....	64
7.2.4 O módulo para processamento de imagens .....	66
7.2.5 O módulo para locomoção do robô.....	67
<b>7.3 Sumário do Capítulo</b> .....	68
<b>8 ESTUDO DE CASO</b> .....	69
<b>8.1 Contextualização</b> .....	69
<b>8.2 Atividade 1: monitoramento de nível de saturação de oxigênio</b> .....	71
<b>8.3 Atividade 2: tomar os medicamentos no horário correto</b> .....	74
<b>8.4 Resultados</b> .....	77
<b>8.5 Sumário do capítulo</b> .....	77
<b>9 CONCLUSÃO</b> .....	78
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	80

# 1 INTRODUÇÃO

Os avanços da tecnologia de automação, da mecatrônica e da robótica, têm permitido que os serviços domésticos sejam integrados, buscando atender às necessidades dos seus usuários. Com o aumento demográfico da população idosa e a necessidade de atendimento especializado em saúde para a população, novos paradigmas surgiram na prestação de serviços nesta área. Tecnologias para assistência de saúde em casa são alternativas para diminuir a carga sobre os sistemas de saúde, reduzir o período de internação hospitalar e melhorar a qualidade de vida (MICHAUD *et al.*, 2010). Neste sentido, o governo, a sociedade e as indústrias vêm se interessando por estes conjuntos de tecnologias e sistemas integrados em casa voltados à assistência destes públicos (LINNER *et al.*, 2011).

Os novos desafios para permitir os cuidados de pacientes em casa, reabilitação e uma vida independente em casa requerem uma abordagem interdisciplinar, incluindo especialistas dos domínios da ciência médica, arquitetura, design, robótica, ciência da computação, engenharia elétrica, entre outras. Estas condições podem ser atendidas por sistemas passivos (arquitetura e design) ou sistemas ativos (sensores, atuadores, circuitos integrados e aplicações de computação pervasiva). A combinação de ambos também pode ser aplicada de acordo com cada paciente. A criação de sistemas que possam ser ajustados, visando melhor atender e garantir a saúde física e mental dos receptores de cuidados individuais vem tornando-se requisito básico (LINNER *et al.*, 2011).

Esta mudança de um modelo hospitalocêntrico tradicional de cuidados médicos para um modelo no qual o paciente pode receber cuidados em casa, utilizando recursos tecnológicos, como sistemas robóticos móveis, promove uma quebra de paradigmas e torna-se uma nova referência para estudos e pesquisas. A robótica não tem como objetivo substituir os profissionais de saúde ou familiares, mas de complementá-los na prestação de cuidados. Muitos usos diferentes podem ser imaginados para um robô *homecare*, tais como: manipulação e transporte de objetos, assistência de locomoção, telepresença, limpeza e monitoramento.

O auxílio de um robô pode reduzir o tempo de viagem dos profissionais de saúde, especialmente para as intervenções que são de curta duração, como no monitoramento de lesões; verificação básica dos sentidos do paciente;

monitoramento da perda de autonomia e habilidades do paciente por meio de uma análise de tarefas na situação real e no ambiente natural. Pode auxiliar na supervisão ou acesso rápido a um profissional quando os pacientes voltam para casa do hospital, por meio de tele-vigilância remota do paciente, permitindo também que o cuidador ou familiar possa sair de casa quando necessário (MICHAUD *et al.*, 2010).

Um robô móvel pode se tornar uma ferramenta benéfica para atendimentos especializados em saúde na casa dos pacientes. O desafio para a inserção de um robô em um ambiente *homecare* de maneira segura e eficaz, no entanto, está relacionado ao design e à programação desses robôs para operarem em ambientes domésticos, levando em consideração a locomoção, interação remota, aceitabilidade do paciente, avaliação das necessidades clínicas e sua integração em sistemas de informação de saúde.

Diante deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo inserir um robô num ambiente *homecare* pervasivo, visando complementar as ferramentas de assistência à saúde e possibilitar maior conforto aos pacientes. Utilizando uma arquitetura inovadora, a qual integra informações captadas do ambiente, através do sistema pervasivo, e das habilidades condicionadas do robô, a proposta visa aumentar a percepção de cuidados sobre um paciente em tratamento ou recuperação. O Grupo de Linguagens de Programação e Banco de Dados (GLPBD) da Universidade Federal de Santa Maria vêm desenvolvendo pesquisas na área da computação pervasiva, ubíqua e ontologias para a criação de aplicações que possam auxiliar o trabalho de profissionais em hospitais e no ambiente doméstico. Esta pesquisa dá continuidade aos projetos que estão em andamento e busca empregar as novas tecnologias robóticas que estão em contínuo avanço.

O documento está organizado da seguinte forma. No Capítulo 2 são descritos os conceitos e características da computação pervasiva, bem como a importância de sua aplicação na área da saúde. A seguir, no Capítulo 3, são apresentados conceitos de ambientes *homecare*, as características destes sistemas e como a inserção de novas tecnologias, como os robôs, podem contribuir para os desafios de tratamento de pacientes em ambientes pervasivos de *homecare*. No Capítulo 4 são apresentados trabalhos já desenvolvidos na área da robótica buscando atender às novas demandas na área da saúde. O Capítulo 5 trata dos conceitos de ontologia, áreas de utilização e classificação, formas e linguagens de representação e

consultas. A partir do Capítulo 6 explora-se uma ontologia para a integração das tecnologias: robô no ambiente pervasivo e as trocas de informações entre estas entidades. No Capítulo 7 apresenta-se a arquitetura proposta para o robô no ambiente pervasivo *homecare*, com a especificação dos módulos componentes do robô. O Capítulo 8 aborda um estudo de caso, exemplificando as ações que o robô pode desempenhar para auxiliar pacientes/usuários. Por fim, no Capítulo 9, apresentam-se as conclusões e perspectivas para trabalhos futuros.

## 2 COMPUTAÇÃO PERVASIVA

A computação pervasiva é tida como um dos novos paradigmas do século XXI para a computação, visando disponibilizar informações e recursos aos usuários a qualquer hora e em qualquer lugar (SAHA; MUKHERJEE, 2003). Além disso, o conceito de computação pervasiva implica que o computador está disposto em um ambiente de forma integrada e imperceptível ao usuário.

Weiser (1991) descreveu a computação pervasiva como ambientes inteligentes cheios de dispositivos computacionais que interagiriam com os usuários de forma tão natural a ponto de fazer parte deste ambiente, sendo considerados invisíveis. Desta forma, as pessoas já estariam tão acostumadas a interagir com estes dispositivos (os quais teriam autonomia para interagir entre si) que eles se tornariam imperceptíveis aos usuários.

Ainda segundo Weiser, as tecnologias mais profundas e duradouras são aquelas que desaparecem. Elas dissipam-se nas coisas do dia a dia até tornarem-se indistinguíveis, ou seja, quando o foco de atenção é voltado para a execução da tarefa e não mais para a utilização da ferramenta empregada na realização desta tarefa, a tecnologia "desaparece". Exemplos citados pelo próprio autor são os símbolos utilizados para representar as línguas faladas. Estes também são utilizados na escrita de livros, artigos, em letreiros espalhados pelas cidades, entre outros. Quando as pessoas fazem leituras destes símbolos o entendimento dos mesmos ocorre sem a necessidade de uma atenção voltada para isso, a atenção é voltada ao entendimento do que o autor quer passar ao leitor e não mais ao entendimento dos símbolos ali descritos. Outro exemplo, citado por diversos autores, é a utilização da energia elétrica. Toda a tecnologia por trás, desde a geração de energia, passando pelos cabos, transformadores e assim por diante é abstraída quando o usuário acende a luz apenas pressionando um botão.

Na computação pervasiva, esse nível de transparência seria atingido com a utilização de chips e sensores espalhados pelos ambientes, além de interfaces intuitivas e de fácil utilização. O futuro prevê que qualquer coisa, como roupas, carros, lâmpadas e canetas poderão ser equipadas com um chip. Desta forma, os dispositivos teriam a capacidade de obter informações dos ambientes e utilizá-las

para construir modelos computacionais dinamicamente, permitindo controlar, configurar e ajustar a aplicação para melhor atender as necessidades do usuário.

Na época em que Weiser descreveu pela primeira vez a computação pervasiva, os componentes de hardware necessários para tornar estes ambientes uma realidade eram muito restritos. Embora a proposta original do autor quanto à "Computação Pervasiva" ainda esteja distante de uma prática cotidiana alicerçada por produtos de mercado (SATYANARAYANAN, 2001), sua proposta vem se materializando, pouco a pouco. Com o tempo, diversas tecnologias que trazem uma maior proximidade para a computação pervasiva vêm surgindo, como a popularização de telas sensíveis ao toque, *smartphones* com alto poder computacional e a "internet das coisas". A computação pervasiva propõe um modelo computacional que integra de forma transparente os dispositivos de hardware e software existentes hoje, a fim de proporcionar aplicações que facilitam o desenvolvimento das tarefas do usuário quando ele se encontra em um ambiente inteligente (MOSCHETTA, 2006).

## 2.1 Acesso a informação

Com os avanços da computação móvel tornou-se possível o acesso a informações a qualquer momento e em qualquer lugar. Atualmente, com os *smartphones* e PDAs, entre outros dispositivos móveis, é possível acessar diversas aplicações ou serviços que se encontram na Web. Além disso, também é possível conectar esses dispositivos com outros através de tecnologias como *Bluetooth* ou *Wi-Fi*.

*Smartphones* comercializados atualmente possuem sensores como de proximidade, possibilitando ao dispositivo que seja efetuado uma chamada assim que o usuário posicionar o aparelho próximo ao seu ouvido, sem pressionar tecla alguma. Os *smartphones* também possuem sensores de localização que captam a altitude, longitude e latitude permitindo a sistemas de busca, que filtrem sua pesquisa utilizando essa informação de contexto.

Supondo que o usuário efetue uma busca por restaurantes (assumindo que as informações de contexto estejam habilitadas), a busca pode ser feita sobre a cidade na qual o usuário se encontra, trazendo informações mais relevantes, como os

melhores restaurantes com comida italiana, por exemplo. Com estas evoluções não há uma quebra apenas na limitação em relação à movimentação geográfica dos dispositivos, mas também se tem a possibilidade de acesso a informações e aplicações que não se encontram nesses dispositivos, como serviços Web.

## 2.2 Ciência de contexto

Existem diferentes definições para contexto. De acordo com (LIU *et al.*, 2011) o contexto pode ser definido como qualquer informação gerada pela infraestrutura computacional do ambiente que pode ser relevante para uma aplicação, na qual uma alteração pode disparar um processo para a adaptação desta aplicação. Segundo Dey (2000), contexto é qualquer informação que possa ser usada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade pode ser uma pessoa, um lugar ou um objeto que é considerado relevante para a interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o usuário e a aplicação em si.

Na computação móvel, o contexto é formado por dois aspectos (CHEN, 2000). O primeiro se refere às características do ambiente que determinam o comportamento das aplicações; o outro aspecto diz que o contexto é um conjunto de estados e configurações do ambiente que determina um comportamento da aplicação.

Uma das principais ideias da computação pervasiva é que os ambientes tenham ciência de contexto, onde os dispositivos e aplicações devem ter conhecimento do que acontece ao seu redor. Estes dispositivos devem ser capazes de reconhecer algumas características do ambiente, bem como possíveis mudanças nos mesmos, e se adaptarem em tempo de execução. A partir disso, supõe-se uma sala de estar de uma casa. Neste ambiente, uma pessoa está assistindo a um vídeo em seu *smartphone*. A televisão 'percebe' esta situação e sugere ao usuário que ele assista ao vídeo em sua tela, permitindo uma melhor visualização. A televisão e o *smartphone* podem se conectar de forma que o *smartphone* envie o vídeo via *streaming* para a televisão. Este tipo de interação só é possível se os dispositivos presentes no ambiente tiverem conhecimento dos recursos ali presentes e, neste caso em específico, também do estado em que as entidades se encontram.

Os estudos iniciais sobre informações de contexto citavam apenas informações simples, como localização e temperatura do ambiente. O

desenvolvimento e a evolução das tecnologias tendem a utilizar sensores para qualquer tipo de informação disponível nos ambientes.

### **2.3 Adaptatividade**

Na computação pervasiva, os dispositivos e as aplicações devem ser capazes de se adaptar ao atual ambiente, para que os usuários utilizem a computação com um menor nível de percepção. Diferente da antiga computação, na qual o usuário, quando quisesse utilizar-se da mesma, deveria ir até uma mesa onde encontraria um computador, contendo suas aplicações e informações, esperando por seus comandos. Verifica-se essa tendência de mudança através do exemplo citado anteriormente, no qual a televisão se adapta para melhorar a visualização do vídeo, pelo usuário.

O ambiente deve ser capaz de detectar outros dispositivos que venham a fazer parte dele, ou os dispositivos devem ser capazes de detectar os diferentes ambientes, isso é dependente da aplicação/dispositivo. Desta interação surge a capacidade de computadores agirem de forma "inteligente" em um ambiente povoado por sensores e serviços computacionais (ARAUJO, 2003).

A questão da adaptação é muito importante, pois um ambiente pervasivo pode vir a se tornar bastante heterogêneo, já que o ambiente pode possuir uma grande variedade de dispositivos com diferentes plataformas de processamento. Essa adaptabilidade é dependente da ciência de contexto, pois os dispositivos/aplicações necessitam dessas informações, bem como de uma interpretação sobre as mesmas, para que se adaptem.

### **2.4 Arquiteturas de aplicações sensíveis ao contexto**

Existem diversas formas de implementação de aplicações sensíveis ao contexto. A abordagem depende dos requisitos e condições existentes, como a localização dos sensores, o número de usuários, a disponibilidade dos recursos a serem utilizados e a facilidade para a extensão do sistema. Considerando isto, três tipos de arquiteturas podem ser citados (CHEN, 2004):

- Acesso direto ao sensor: Esta abordagem vem sendo pouco utilizada, já que dificulta a capacidade de expansão do sistema. Isto acontece porque o *software* cliente captura a informação diretamente do sensor, ou seja, não existe uma camada específica para o processamento dos dados. Além disto, também não é adequada para sistemas distribuídos, por possuir acesso direto, não há um componente para gerenciar acessos concorrentes ao sensor;
- Baseado em *Middleware*: Esta abordagem traz uma arquitetura em camadas para aplicações sensíveis ao contexto que visam esconder detalhes de baixo nível, relativos à sensibilidade. Em comparação com a anterior, a abordagem baseada em *Middleware* facilita a capacidade de expansão do sistema, pois não há necessidade de mudanças no código fonte do cliente, bem como há uma simplificação para a reutilização do código dependente de *hardware*, devido a seu rígido encapsulamento;
- Servidor de contexto: É uma abordagem especializada da arquitetura baseada em *Middleware*, pois introduz um componente para gerenciar o acesso remoto. Um servidor de contexto recebe as informações dos sensores, facilitando o acesso concorrente. Além do reuso dos sensores, a utilização de um servidor de contexto tem a vantagem de retirar dos clientes operações que necessitam uso intensivo de recursos computacionais. Isto é importante, pois a maioria dos dispositivos utilizados neste tipo de aplicação possui um poder computacional limitada. Por outro lado, ao projetar um sistema sensível ao contexto baseado em arquitetura de cliente-servidor, é preciso levar em consideração o uso de protocolos apropriados, analisar o desempenho de rede e avaliar parâmetros de qualidade de serviço (LOPES, 2008).

É necessário fazer a separação entre a obtenção e o uso de um contexto para melhorar a capacidade de expansão e reutilização dos sistemas. Assim, é possível incluir camadas em uma arquitetura abstrata tornando possível captar e usar informações do contexto através da adição de funcionalidades de interpretação e raciocínio (LOPES, 2008).

A construção da proposta da computação pervasiva fundamenta-se em cinco elementos básicos, são eles (YAMIN, 2004):

- Rede: elemento responsável por estabelecer uma conexão física e lógica entre o usuário e recursos disponíveis. Interconecta recursos de redes estruturadas e sem fio, permitindo assim, que os demais requisitos sejam atendidos;
- Elevada heterogeneidade: representa a diversidade de dispositivos computacionais disponíveis ao usuário, tais como: notebooks, PDAs, *smartphones*, desktops, estações de alto desempenho, clusters, sistemas operacionais diversos;
- Mobilidade: o deslocamento do usuário e dos dispositivos presentes no cenário pervasivo deve ser previstos, bem como a mobilidade do software também deve ser contemplada;
- Disponibilidade: semântica SIGA-ME, ou seja, independência de equipamento, lugar ou tempo. Isso significa que uma aplicação pode ser executada em diversos dispositivos, que independente da plataforma utilizada, dados ou serviços solicitados pelo usuário devem estar disponíveis;
- Adaptação: adaptação ao contexto é condição necessária à computação pervasiva e deve envolver tanto as aplicações como o ambiente de execução. Isso significa que as condições de contexto são pró-ativamente monitoradas e o suporte à execução deve permitir que tanto a aplicação como ele próprio utilizem essas informações na gerência da adaptação de seus aspectos funcionais e não-funcionais.

## 2.5 Sumário do capítulo

O presente capítulo apresentou uma conceitualização sobre computação pervasiva, assim como uma descrição detalhada de suas principais características, de forma a introduzir os conceitos básicos necessários para a compreensão do trabalho proposto. O capítulo seguinte segue na linha de revisão bibliográfica, apresentando o conceito de *homecare* e a inserção de novas tecnologias para assistência de pacientes/usuários nestes ambientes.

### 3 HOMECARE

*Homecare* caracteriza-se como um conjunto de serviços que permite o fornecimento de cuidados médicos em casa. Os crescentes avanços tecnológicos têm permitido o desenvolvimento de ferramentas que forneçam atenção médica em *homecare*, principalmente nos países industrializados (MUNCK *et al.*, 2012).

O envelhecimento da população e o aumento da necessidade de assistência médica representam fatores preocupantes para países em desenvolvimento, como o Brasil, em decorrência das dificuldades encontradas nos sistemas hospitalares, como a demora no atendimento em hospitais públicos e privados, a falta de atendimento especializado, tratamentos negligenciados de doenças, entre outros. Este panorama pode representar, no entanto, oportunidade de melhoria e desenvolvimento de estratégias de *homecare* na prestação de serviços de saúde para a sociedade (MICHAUD *et al.*, 2010).

Os sistemas de *homecare* apresentam diversos serviços, desde aplicações simples, como alarmes eletro-mecânicos instalados na casa do paciente que alertam quando uma porta ficou entreaberta até sistemas complexos de integração e monitoramento constante do estado de saúde do paciente (MCGEE-LENNON, 2008).

Tratamentos como a ventilação mecânica, diálise peritoneal e oxigenoterapia em casa são cada vez mais comuns (FEX *et al.*, 2009). Outras formas de tratamento em *homecare* vêm utilizando a telepresença, um conjunto de tecnologias, incluindo videoconferência, que permite uma pessoa sentir como se o médico ou os cuidadores estejam presentes, ou, para ter um efeito de que o paciente não esteja na sua verdadeira localização. Assim como a telereabilitação em casa, os serviços oferecidos pelos sistemas devem abranger variadas atividades, como sensibilidade aos estímulos, avaliação de habilidades funcionais do paciente, terapia ou exercícios.

A telereabilitação tem sido usada com sucesso para as avaliações das casas em terapia ocupacional, bem como para melhorar o desempenho de tarefas em atividades da vida diária (MICHAUD *et al.*, 2010).

### 3.1 Redes de *Homecare*

Um sistema de *homecare* inclui um conjunto de entidades, como pessoas e organizações, que estão direta ou indiretamente envolvidas no cuidado do(s) paciente(s). As tecnologias médicas podem ser aplicáveis a diferentes grupos etários e representam um processo de aprendizagem para os pacientes e familiares, tanto como ferramenta de auxílio preventivo como no planejamento para determinadas situações (MUNCK *et al.*, 2012). A operacionalização destes sistemas exige o envolvimento de pessoas e a principal delas é o paciente, o centro de um sistema de *homecare*. O mesmo ambiente de *homecare* pode incluir mais de um paciente que necessite de tratamentos médicos semelhantes ou distintos. Além do paciente, estão envolvidos:

- Os cuidadores, pessoas que fornecem assistência ao paciente, como os próprios médicos, enfermeiras ou mesmo familiares. Se um profissional tem uma rotina de visitas ao paciente, de forma planejada, então ele é classificado como cuidador. Quando a assistência é feita por um membro da família que também precisa de cuidados, as atividades podem se tornar complexas para o cuidador, visto que igualmente é um paciente e pode depender da ajuda de outra pessoa. Nestas situações, evidencia-se a necessidade de um sistema variado, que contemple diferentes situações a fim de atender adequadamente cada caso, bem como a obtenção do acesso fácil às informações de ambos pacientes.
- Os visitantes são profissionais chamados para dar assistência. Apesar de muitos autores não definirem claramente os visitantes dos cuidadores, neste grupo são incluídos enfermeiras, fisioterapeutas e paramédicos, por exemplo. Os profissionais ou outras pessoas entram no ambiente de *homecare* para visitar o paciente, de forma periódica, mas não planejada, como em um atendimento a um paciente que está tendo um infarto ou em alguma situação de emergência.
- Os usuários remotos constituem membros da equipe médica que acessam as informações do paciente mesmo sem se deslocar até a casa dele. O profissional usuário remoto também pode ser um visitante. Os familiares que não moram com o paciente, mas que acessam suas informações também estão incluídos neste grupo.

- Os fornecedores de tecnologia são aqueles profissionais que desenvolvem, projetam e distribuem a tecnologia individual para o sistema de *homecare* e que podem impactar de alguma forma em como o sistema deve funcionar.
- Os investidores institucionais não são usuários diretos do sistema, mas influenciam de alguma maneira na sua forma ou no conteúdo. Gestores públicos, bem como o Ministro da Saúde, fazem parte deste grupo quando apoiam iniciativas para promover sistemas de *homecare* para um determinado propósito como, por exemplo, para tratar enfisema pulmonar ou recuperação de pacientes transplantados.
- Outros investidores são pessoas que não usarão diretamente o sistema, mas que possuem interesse nele, como membros da família de pacientes que necessitam de tratamentos diferenciados.

De acordo com McGee-Lennon (2008), sistemas voltados para quem precisa ou prefere receber cuidados médicos em *homecare* devem apresentar algumas características, como sensores capazes de fornecer informações sobre o estado atual do paciente, de ordem fisiológica como temperatura, pressão sanguínea, batimentos cardíacos, sua localização na casa ou então que atividades estão realizando em determinado momento.

### **3.2 Sistemas robóticos em um ambiente *Homecare***

O desenvolvimento de robôs tem buscado servir a vários propósitos, principalmente aplicações na medicina, cuidados de saúde e assistência social (LINNER *et al.*, 2014). A gama de aplicações robóticas que já estão disponíveis no mercado ou ainda na fase de pesquisa para estes domínios é extremamente vasta, diversificada e continuamente novas tecnologias são exploradas. Dentre os sistemas existentes estão robôs usados em cirurgia assistida minimamente invasiva; robôs que auxiliam na reabilitação de pacientes; robôs projetados para funcionar em hospitais, casas de saúde e assistência doméstica; robôs que servem como treinadores motivacionais ou assistem pessoas idosas com o trabalho doméstico e suas tarefas. Além de servir às necessidades das populações idosas, os robôs têm se mostrado igualmente bem sucedidos em aplicações destinadas a grupos etários pediátricos (DAHL; BOULOS, 2013).

A aplicação de sistemas robóticos em ambientes *homecare* deve incorporar-se à cultura de cada local ou região. A robótica no Japão, por exemplo, é naturalmente abordada como ferramenta para o envelhecimento da sociedade. A maioria das criações dos japoneses é desenhada como "humanoide" ou sistemas robóticos "*mobile*", com funções e serviços que são amplamente aceitos e exigidos pelos receptores de cuidados, bem como prestadores de cuidados. Na Europa, no entanto, as tecnologias de saúde ou de reabilitação com sistemas robóticos "visíveis" estão associados com a realização de tarefas maçantes, sujas ou perigosas. Portanto, a utilização da robótica nos países europeus vem ocorrendo através da integração da tecnologia no ambiente de forma invisível e altamente personalizável, auxiliando nas deficiências relacionadas com a saúde e a idade, com um alto grau de autonomia (LINNER *et al.*, 2011).

Pessoas idosas apresentam, com o tempo, diferentes limitações de liberdade na mobilidade e execução de tarefas, portanto a distribuição e o arranjo de funcionalidades em locais como cozinha, banho, dormitório, além de aparelhos, devem ser considerados para contemplar as atividades dos usuários. Em geral, o perfil geriátrico pode ser definido como "multi-morbidade", ou seja, há coexistência de duas ou mais condições crônicas que devem ser atendidas. Dentre estas condições estão: a necessidade de suporte na realização de atividades físicas diárias; apoio à mobilidade; compensação de déficits relativos à visão e à audição; necessidade de apoio às habilidades cognitivas, ao estado emocional e psicológico; necessidade de apoio para as interações sociais; além do auxílio em situações de emergência também exigem um conjunto múltiplo de tecnologias (MICHAUD *et al.*, 2010).

A projeção de um robô e seu design deve levar em consideração suas condições de funcionamento e seu papel nas tarefas de assistência domiciliar, garantindo a segurança dos usuários no lar e a segurança do próprio robô. Diferentes robôs móveis já foram projetados para sistemas de reabilitação, como *Pearl* (POLLACK *et al.*, 2002), *RoboCare* (CESTA *et al.*, 2003), *Care-O-bot* (REISER *et al.*, 2013), *TRIC* (TSAI *et al.*, 2007) e *RP-7* (MENDEZ *et al.*, 2013). Estes modelos criados vêm buscando atender as mais variadas necessidades, dentre elas: assistência cognitiva e de locomoção para idosos; monitorar as atividades diárias contínuas; cadeira de rodas inteligente; assistência domiciliar projetado para auxiliar na execução tarefas; permitir a comunicação interpessoal com os usuários em um

ambiente familiar; sistema de telepresença de tamanho humano comercializado para operar em ambientes hospitalares (MICHAUD *et al.*, 2010).

A maioria deles, no entanto, não são sistemas apropriados para uso doméstico, em decorrência das limitações de tamanho e de locomoção. Diferentemente de um sistema hospitalar, os robôs de assistência domiciliar devem ser capazes de lidar com as condições diversas de uma casa, como múltiplos pavimentos, degraus, objetos no chão e animais de estimação, por exemplo. Outros robôs de telepresença desenvolvidos, como *ApriAlpha*<sup>1</sup>, *Emiew 2*<sup>2</sup>, *Wakamura*<sup>3</sup> e *Robio*<sup>4</sup>, apresentam desvantagem em relação à altura destes modelos, fator limitante na utilização potencial para assistência *homecare* para idosos.

### 3.3 Requisitos para um robô em ambiente *Homecare*

A partir de entrevistas realizadas com potenciais usuários do sistema robótico, Michaud *et al.* (2010) verificaram que as maiores preocupações estão relacionadas com a operação e controle do robô móvel em casa. Segundo Dahl e Boulos (2013), os itens gerais para o sucesso de um protótipo incluem:

- Personalização adequada a fim de combinar com diferentes perfis de usuários ou pacientes;
- Níveis apropriados (seguros) de autonomia em vários cenários de uso;
- Manipulação de objetos e de navegação em ambientes não estruturados para aqueles robôs que manipulam ou realizam essas tarefas;
- Garantia de segurança do paciente/usuário;
- Confiabilidade e robustez, por exemplo, a disponibilidade e acionamento automático dos planos de contingência adequados e mecanismos de robôs que são controlados remotamente através da Internet, para continuar a funcionar com segurança quando sua conexão principal com a Internet for interrompida por qualquer motivo;
- Sustentabilidade, particularmente em ambientes não técnicos, como o domicílio do paciente, que não possuem equipamentos de alta tecnologia

<sup>1</sup>[https://www.toshiba.co.jp/about/press/2005\\_05/pr2001.htm](https://www.toshiba.co.jp/about/press/2005_05/pr2001.htm)

<sup>2</sup> [http://www.hitachi.com/rd/portal/highlight/robotics/emiew2\\_01/index.html](http://www.hitachi.com/rd/portal/highlight/robotics/emiew2_01/index.html)

<sup>3</sup><https://www.mitsubishi.com/mpac/e/monitor/back/0602/story.html>

<sup>4</sup> <http://www.wowwee.com/en/products/tech/telepresence/rovio/rovio>

nem com técnicos residentes. Além disso, pode estar localizado em áreas muito distantes, de difícil acesso ou que não possa ser rapidamente alcançado pelos técnicos. Nestes casos, os sistemas devem ser configuráveis e solucionáveis através da Internet;

- Robôs utilizados como motivacionais e/ou sociais precisam ser gentis, inteligentes e altamente interativos.

### **3.4 Sumário do capítulo**

Este capítulo apresentou a definição de *homecare* e a aplicação de novas tecnologias (robôs) para o auxílio de cuidados em ambientes domésticos na realização de tarefas, na reabilitação de pacientes, entre outros. Diferentes exemplos de tecnologias existentes foram apresentados e os requisitos para o desenvolvimento de protótipos para um ambiente *homecare* foram apontados. A seguir são apresentados trabalhos relacionados ao desenvolvimento de robôs para auxílio na saúde, especialmente aqueles para assistência em ambiente doméstico, plataformas e suas interfaces para interação humano-robô.

## 4 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar alguns trabalhos relacionados ao desenvolvimento da robótica para assistência à saúde, especialmente em ambientes *homecare*.

### 4.1 Estudos sobre a interface interação humana-robô

Questões importantes que devem ser aprimoradas quando plataformas robóticas interagem diretamente com os pacientes: a segurança do paciente, levando em consideração que os robôs são necessariamente bastante poderosos e rígidos; controle eficiente, visto que um corpo humanoide requer coordenação em diferentes graus; níveis adequados de autonomia, a elevada autonomia pode facilitar o controle, mas pode reduzir a segurança do paciente (DAHL; BOULOS, 2013).

Pesquisas sobre a plataforma *Cody*, robô de aparência humanoide especializado na manipulação física de pacientes, vêm buscando explorar uma interface tátil para facilitar o controle por meio da interação física; e investigações sobre a plataforma *RI-MAN*, Figura 1 (com especialização semelhante a de *Cody*), têm explorado a eficácia de um revestimento sensível ao toque suave para melhorar a segurança dos pacientes.

Interações humano-robô não táteis têm sido amplamente estudadas no domínio da saúde e assistência social. Interações verbais e baseadas na interpretação de gestos possibilitam o apoio do robô de duas maneiras: (1) robô atua como um canal para a socialização, auxiliando na comunicação remota com a família e amigos, ou com profissionais de saúde, também permitindo que estes atendam um número maior de pacientes; (2) o robô pode apresentar-se como uma entidade autônoma, proporcionando cenários de jogo que podem reduzir o efeito da deficiência, ou melhorar o bem-estar através do entretenimento e companheirismo. As plataformas *GiraffPlus* e *RP-VITA* (Figura 1), são móveis e fornecem recursos de vídeo conferência para apoiar a interação médico-paciente, além de apresentar capacidade de medições adicionais do paciente (DAHL; BOULOS, 2013).

O estudo do robô *GiraffPlus* foi realizado em ambiente que também contém outros sensores de saúde, como monitores e sistemas de alarme, proporcionando

maior probabilidade de detecção precoce da deterioração da saúde. O estudo concluiu que o fator crucial para a adoção do sistema foi a capacidade de apoiar a autonomia na vida cotidiana. O robô *RP-VITA* tem sido utilizado para auxílio remoto em unidade de terapia intensiva cirúrgica, a fim de facilitar a comunicação entre os agentes de saúde e do paciente, bem como entre os próprios agentes.

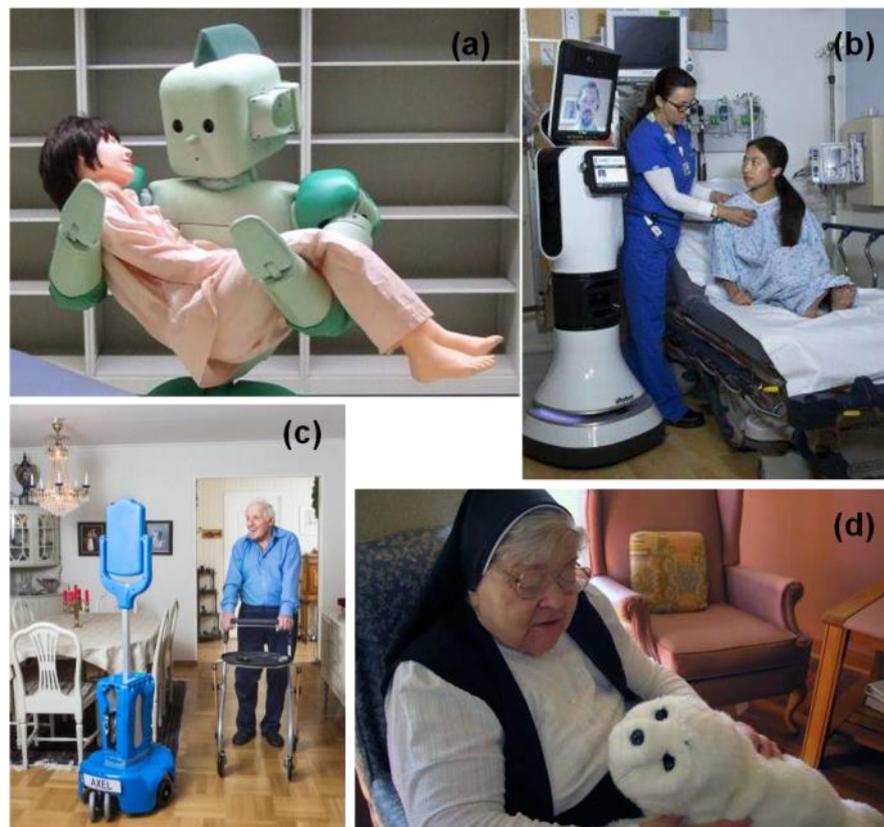


Figura 1: Robôs desenvolvidos para ambientes hospitalares (a) *RI-MAN*<sup>5</sup> e (b) *RP-VITA*<sup>6</sup>; interação humana em ambiente homecare: (c) *GiraffPlus*<sup>7</sup> e (d) *Paro*<sup>8</sup>.

Por outro lado, tecnologias mais simples como as do robô *Paro* (Figura 1), uma foca coberta de pelos e com comportamentos simples, demonstrou que a mera presença do robô aumentou a interação social e reduziu estresse dos órgãos vitais

<sup>5</sup> [http://rtc.nagoya.riken.jp/RI-MAN/index\\_us.html](http://rtc.nagoya.riken.jp/RI-MAN/index_us.html)

<sup>6</sup> [http://www.giraffplus.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=197&Itemid=94&lang=en](http://www.giraffplus.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=197&Itemid=94&lang=en)

<sup>7</sup> <http://phys.org/news/2013-01-fda-green-rp-vita-hospital-robot.html>

<sup>8</sup> <http://www.parorobots.com/photogallery.asp>

dos pacientes, durante um experimento em uma casa de assistência de idosos (DAHL; BOULOS, 2013).

Um modelo interessante que vem sendo aprimorado é o *Care-O-bot* (Figura 2), um robô com múltiplas funcionalidades incluindo manipulação de objetos com precisão e um sistema de interação. O usuário pode fazer diretamente um pedido para que o robô pegue algum objeto, utilizar a tela tátil integrada na bandeja do robô ou escolher através de um *smartphone*. *Care-O-bot* está programado para saber onde os diferentes itens são mantidos na casa do usuário e, através do seu sistema de navegação, o robô é capaz de encontrar o caminho para seu alvo de forma independente.



Figura 2: Modelo *Care-O-bot*<sup>9</sup> e suas funções.

Diante do objeto, o robô é capaz de pegá-lo com seu braço robótico e levá-lo ao usuário apoiando o objeto sobre sua bandeja, como pode ser verificado na Figura 2. A interação se dá por meio da tela de LCD, que possui a imagem de um rosto que está sorrindo e feliz quando uma tarefa é realizada pelo usuário ou um olhar abatido, triste, quando há um problema, como o usuário esquecer-se de tomar a medicação. A plataforma também sugere atividades para motivar os usuários.

<sup>9</sup> <http://www.care-o-bot.de/en/care-o-bot-3/application.html>

## 4.2 Locomoção

Dentre as principais questões de design está a forma de locomoção, se os robôs devem andar ou rolar. Plataformas que utilizam rodas são mais estáveis e dão mais equilíbrio em termos de capacidade de realizar a locomoção e operação. Por outro lado, andando os robôs podem operar mais facilmente em um ambiente que apresente escadas, diferentes pisos e revestimentos. Pesquisa realizada por Chew *et al.* (2010) verificou uma tendência de que os robôs sociais apresentem pernas para locomoção, visto que estão operando em um ambiente projetado para seres humanos com pernas e, desta forma, estariam interagindo mais naturalmente neste ambiente.

Protótipo desenvolvido por Goetze *et al.* (2012) se locomove plotando pontos de passagem em um mapa pré-gravado. Os obstáculos são detectados através de sensores ultrassônicos, com scanner a laser, e pela câmera frontal. Se o caminho do robô estiver bloqueado, o módulo de navegação irá traçar uma rota alternativa para chegar ao local de destino designado, fugindo dos obstáculos.

## 4.3 Dispositivos gráficos

O objetivo da interface humano-computador é colocar o ser humano no centro, por isso a aceitação de qualquer sistema dar-se-á mais facilmente a partir de uma boa apresentação e conhecimento do sistema (LINNER *et al.*, 2011). Uma importante forma de interação durante a comunicação social é a manutenção do olhar entre os indivíduos que interagem. Através do contato visual é possível identificar comportamento receptivo, estabelecendo interações bem-sucedidas.

Da mesma forma, o comportamento de aversão ao olhar também representa informações importantes durante um diálogo entre receptor e interlocutor. Apesar disso, a aversão ao olhar é geralmente interpretada de forma negativa, representando desconforto e falta de atenção. No trabalho de Andrist *et al.* (2013) parâmetros temporais de aversão ao olhar foram avaliados com o objetivo de desenvolver modelos de agentes virtuais com comportamento de aversão ao olhar mais adequados. Para isso, conversas entre humanos e quatro modelos de agentes virtuais com parâmetros temporais de aversão ao olhar diferentes foram analisados.

Os autores defendem a hipótese da interferência cognitiva, na qual a aversão ao olhar facilita a atividade cognitiva, permitindo a produção da fala espontânea, ao contrário do olhar mútuo, que interfere de forma significativa na espontaneidade. A partir disso, os parâmetros estatísticos analisados foram o comprimento, o tempo e a frequência das aversões ao olhar em relação à fala e as funções de conversação.

Estes parâmetros levam em consideração as funções cognitivas, modulação da intimidade e *turn-taking*. Levando em consideração os aspectos apresentados, os testes empregados com seres humanos tiveram como objetivo desenvolver a compreensão de aversões ao olhar temporalmente empregadas na conversa através dos modelos computacionais.

Os agentes virtuais utilizados são animações com aparência humana e foram programados para apresentar comportamento mais próximo dos humanos, manifestando sorrisos, movimentos de cabeça, entre outros (Figura 3). Em estudos anteriores, os autores mostraram que coordenando a cabeça e os olhos para manter um elevado grau de atenção com os interlocutores humanos aumentou a sensação de familiaridade com agentes virtuais.

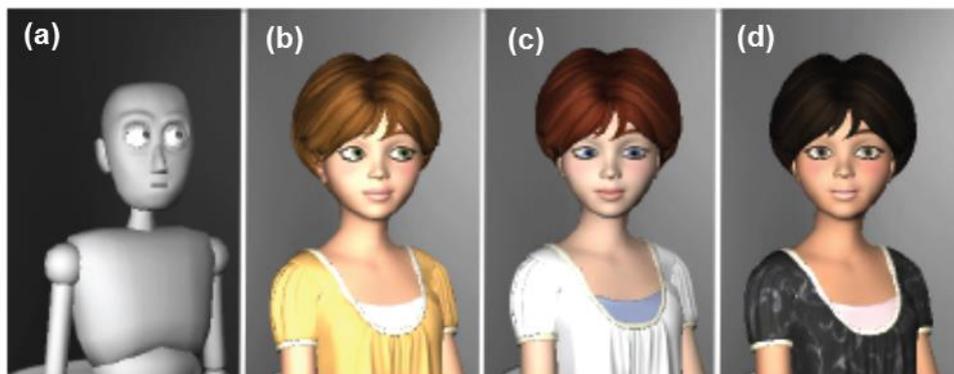


Figura 3: Quatro modelos de agentes utilizados no experimento, realizando diferente aversão ao olhar (a-c) e manutenção do olhar (d), ANDRIST *et al.* (2013).

O comportamento de olhar de um agente virtual desempenha um papel fundamental no estabelecimento de interações ricas quando os mecanismos do olhar são bem elaborados. O uso de agentes com mau comportamento de interação do olhar pode ser pior do que a ausência deste recurso. O efeito positivo de ter um agente personalizado em oposição a apenas áudio ou texto pode ser completamente perdido se o olhar é muito pobre ou aleatório.

O experimento demonstrou que as diferentes aversões ao olhar geradas pelo sistema foram percebidas como pensamentos, provocando maior descontração por parte dos interlocutores humanos, além de um efetivo controle do tempo (*turn-taking*). Apesar do sucesso obtido pelos modelos testado, os comportamentos de aversão ao olhar gerados são estáveis ao longo do tempo, distanciando-se da realidade, na qual os interlocutores mudam o comportamento no decorrer da conversa de acordo com suas emoções. Outra limitação do trabalho é que os comportamentos de aversão ao olhar do agente virtual não levam em conta o comportamento do olhar do usuário.

Modelos que sejam capazes de rastrear o olhar do usuário, aumentando a percepção da interação, quando o olhar é acompanhado por indicadores não-verbais de positividade e coordenação, avaliar se ele tem a atenção do usuário antes de tentar interações não-verbais, bem como ajustar dinamicamente estratégias de aversão ao olhar ao longo do tempo precisam ser desenvolvidos. Os autores sugerem que a aversão ao olhar é uma importante ferramenta de conversação, tornando as interações entre humanos e agentes virtuais mais naturais (ANDRIST et al., 2013). Estudos que possam aprimorar o tempo de contato visual durante a conversa, combinado a outros comportamentos não-verbais ainda são necessários.

#### **4.4 Processamento de sons**

Aplicativos baseados no processamento da voz exigem um reconhecimento do som em tempo real e de forma ininterrupta. Ferramentas recentes, como o controle de voz de sistemas de navegação GPS e serviços de informação e entretenimento automotivos controlados por voz anseiam uma interface vocal estável. Isso significa que as aplicações sofisticadas de linguagem natural exigem agilidade, baixa complexidade e algoritmos de reconhecimento de fala em tempo real (GEORGOULAS *et al.*, 2014).

No entanto, os novos desafios integram dispositivos computacionais de reconhecimento contínuo da fala que apresentem vasto glossário, mas com diminuição da capacidade, tamanho e consumo de energia. Estas reduções comprometem seu hardware e seu sistema operacional, restringindo suas capacidades e dificultando sua utilização para aplicações de voz em dispositivos embutidos.

O trabalho de Georgoulas *et al.* (2014) utilizou, em seu protótipo, um sistema embutido de código aberto para reconhecimento de voz em tempo real. *PocketSphinx* possui reconhecimento de fala contínua de um vocabulário médio, que foi modificado em relação à infraestrutura de hardware pelos autores. Após a criação de um dicionário especial, arquivos de vocabulário foram gerados. O aplicativo de voz compara os comandos vocais do usuário com as palavras do dicionário existentes e, em seguida, publica uma palavra correspondente por meio do aplicativo reconhecedor.

Georgoulas *et al.* (2014) adicionaram um conjunto de cinco palavras-chave: "entrada", "cozinha", "quarto", "banheiro" e "sala de estar". Quando essas palavras foram traduzidas pelo robô, o ponto de destino solicitado e orientação são enviados como coordenadas para o robô móvel. Ele opera de forma autônoma evitando dinamicamente todos os obstáculos em seu caminho, através da reconfiguração em tempo real de sua trajetória.

Apesar de apresentar uma resposta em tempo real de forma eficiente, os comandos vocais ainda são limitados a um determinado conjunto de palavras e observa-se uma taxa de erro mínimo. Os erros são geralmente introduzidos pelo módulo de reconhecimento de voz, principalmente quando ruídos ambientais são dominantes. Esta taxa de erro pode ser minimizada por um reconhecimento de voz mais apropriado, que consiga diferenciar adequadamente um comando de voz do usuário de uma falsa interpretação de ruídos do ambiente (GEORGOULAS *et al.*, 2014).

#### **4.5 Robôs e ambientes pervasivos**

Tecnologias de saúde pervasivas devem ser acessíveis e fornecer incentivo a atividades ou a um modo de vida saudável. Considerando que muitos idosos não estão acostumados com o uso de tecnologia moderna de telefonia móvel, a utilização de outros aparelhos, como televisores, que são de uso comum podem ser a interface primária. Através do aparelho de TV, por exemplo, informações como "por favor, tome os comprimidos" podem ser uma abordagem promissora (LINNER *et al.*, 2011).

O trabalho de Freitas (2011) desenvolveu uma arquitetura com a finalidade de ser utilizada como base para o desenvolvimento de sistemas pervasivos para

ambientes *homecare*. Através de conceitos de computação pervasiva e ontologias aplicados à área da saúde, o trabalho buscou contribuir no tratamento de pacientes que recebem cuidados médicos diretamente em casa, levando em consideração o contexto em que se encontram.

Da mesma forma, o estudo realizado por Bastiani (2013) apresentou uma proposta de sistema pervasivo, com ontologia para representação do conhecimento de ambientes direcionados ao cuidado de pacientes com demência. Através de um ambiente povoado de sensores e de outros dispositivos computacionais, o paciente pode ser monitorado constantemente, e este ambiente também é capaz de se adaptar às necessidades do usuário. Ambos os sistemas são capazes de monitorar o usuário/paciente de forma proativa e enviar aplicações e lembretes permitindo o autogerenciamento do seu tratamento, dependendo do estado clínico, através de um plano de cuidados e aplicações cognitivas.

Linner *et al.* (2014) realizou um estudo estruturando ambientes de cuidados em casa, abordando sistemas pervasivos e robótica, onde a complexidade das funções (hardware, software, tarefas, etc.) não serão concentradas exclusivamente no robô, como nos modelos *Care-O-Bot*, *PatientTransferAssist*, *RI-MAN*, mas estrategicamente entre o sistema do robô e o ambiente. No estudo proposto o ambiente possui procedimentos e atividades amplamente conhecidos e padronizados; a configuração geométrica e funcional do ambiente é bem desenhada; há sistemas de sensores distribuídos capazes de reconhecer e localizar robôs, objetos, pessoas e sinais vitais de forma robusta.

Os autores inserem diferentes plataformas robóticas nos ambientes para facilitar a realização das atividades do usuário (Figura 4). O robô móvel *TurtleBot* é uma plataforma usada para atuar como interface de comunicação homem-máquina e irá fornecer serviços de logística dentro do ambiente doméstico. Utilizando um sensor de profundidade, constituído por um projetor laser infravermelho combinado com um sensor CMOS, capta imagens 3-D em tempo real (*Kinect Sensor Microsoft*), o robô mapeia o ambiente que está inserido, desviando de objetos, sendo capaz de levar as compras da porta de entrada da casa até a cozinha, ou entregar alimentos da cozinha para a mesa de cabeceira, por exemplo.

Outras plataformas incluem: robô de telepresença, que fornece uma interface de rede entre o prestador de cuidados de saúde e o usuário e também pode ser utilizar como plataforma de comunicação móvel primária ou rede social; Kinova's

*JACO robotarm*, um braço robótico, que ajudará usuários e cuidadores com tarefas essenciais, como a preparação de alimentos, alimentação e operações de higiene pessoal; *roboticmicro-rooms* (RmRs), entre outros.

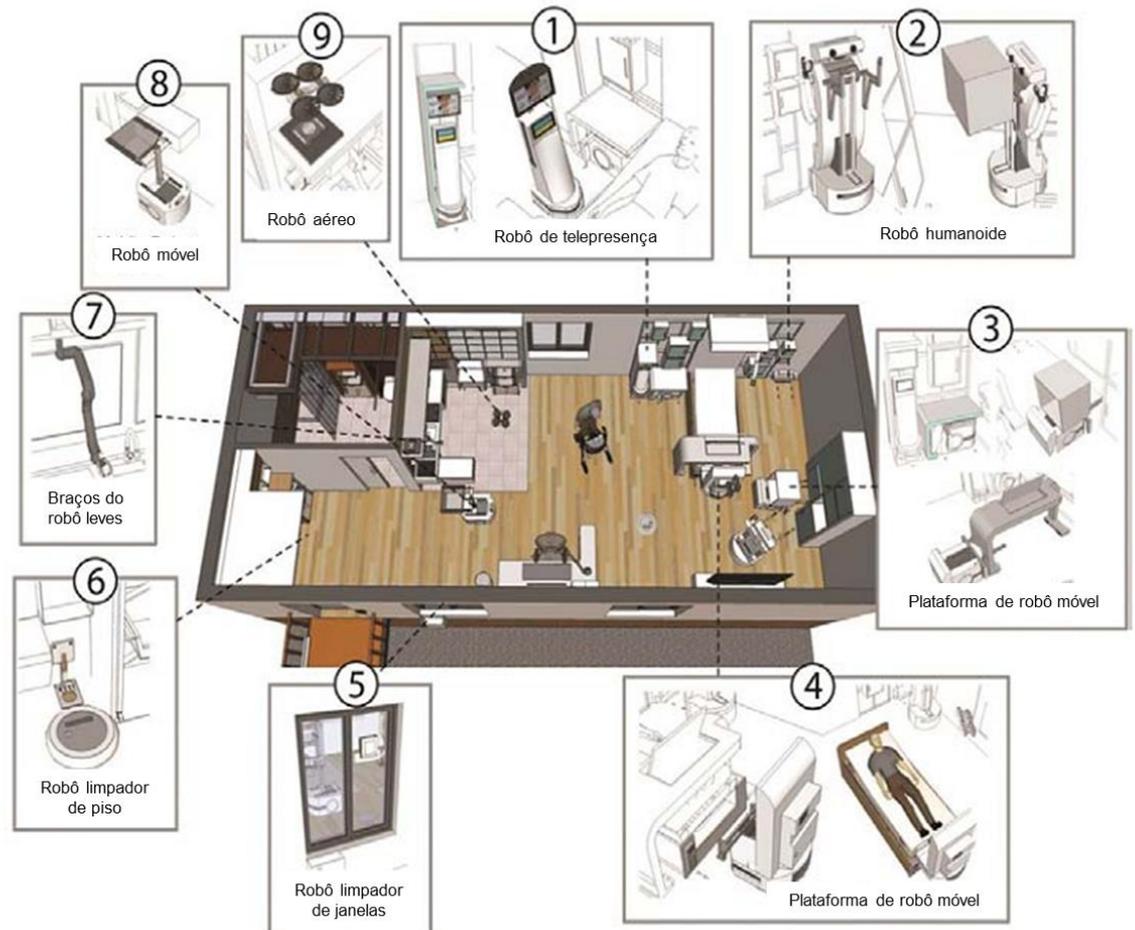


Figura 4: Visão geral de um ambiente assistido por diferentes tecnologias robóticas que podem ser implementadas em um ambiente *homecare* proposto por Linner *et al.* (2014).

Semelhante ao *JACO*, outra ferramenta interessante para o desempenho de tarefas específicas é o robô *Bestic*, que oferece suporte para a alimentação de um paciente. O seu desenvolvimento levou em consideração o que o usuário gostaria, especialmente em termos de estética, isolamento social e liberdade, com objetivo de fornecer maior autonomia ao usuário (DAHL; BOULOS, 2013).

Os autores concluem que a co-adaptação dos sistemas robóticos em um ambiente pervasivo pode reduzir a complexidade e o custo total do sistema e, assim,

impulsionar a implementação e comercialização de sistemas de robôs para prestação de serviços para *homecare* (LINNER *et al.* 2014).

#### **4.6 Sumário do capítulo**

Este capítulo apresentou alguns robôs desenvolvidos e empregados para auxílio na área da saúde e reabilitação de pacientes, bem como as tentativas recentes de coadaptação destas ferramentas em ambientes pervasivos. No capítulo seguinte, são exploradas as ontologias, que descrevem o conhecimento do contexto do ambiente pervasivo *homecare*.

## 5 ONTOLOGIAS

As ontologias são utilizadas para formalizar o conhecimento existente em um determinado ambiente. Isto inclui todas as entidades e relações entre essas entidades que fazem parte do domínio em questão. Na área da informática, as ontologias foram utilizadas pela primeira vez em sistemas de inteligência artificial, onde se referiam a artefatos de engenharia que possuíam um vocabulário especializado para descrever certa realidade (GUARINO, 1998). Posteriormente, seu uso foi proposto como base em sistemas de informação baseados em ontologias.

### 5.1 Definições

Existem várias definições para a palavra ontologia, mas é consenso que ela é oriunda da filosofia e seu termo de origem é a palavra “categoria”, que, na Grécia antiga, Aristóteles (384-322 a.C.) usava-a para classificar alguma coisa, com o objetivo de descrever as coisas do mundo.

Segundo o Dicionário Oxford de Filosofia, a palavra Ontologia, do grego “*ontos*”, ser, e “*logos*”, palavra, é um termo “[...] usado desde o século XVII para denominar o ramo da metafísica que diz respeito àquilo que existe” (BLACKBURN, 1997).

Na área da computação, uma das definições para ontologia mais aceita na literatura é a de Gruber (1993): “uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceituação”. Há, ainda, a definição discutida em Guarino (1998): “uma ontologia é uma teoria lógica para relacionar o significado pretendido de um vocabulário formal, isto é, seu comprometimento com uma conceituação particular do mundo”. Borst (1997) complementa a definição de Gruber: “uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceituação compartilhada”.

A partir desta definição, entende-se formal como algo que possa ser compreendido tanto por humanos quanto por máquinas. A palavra conceituação refere-se a uma abstração, visão simplificada do universo que desejamos representar para algum propósito, construído através da identificação dos conceitos e relações relevantes.

## 5.2 Elementos que formam as ontologias

Ontologias nem sempre apresentam a mesma estrutura, mas existem alguns elementos que são comuns entre elas. Estes elementos representam uma dada conceituação e são descritos a seguir por Nunes (2008):

- Classes: coleções de objetos do mesmo tipo, que podem possuir subclasses derivadas;
- Indivíduos: instâncias ou objetos de uma classe;
- Atributos: propriedades e/ou características que objetos e classes podem possuir, os quais diferenciam os indivíduos de uma classe;
- Relacionamentos: maneiras que classes e indivíduos podem se relacionar, na forma “é-um”, como por exemplo, o ser humano é um mamífero;
- Restrições: declarações formais que devem ser verdadeiras para que uma afirmação possa ser usada como entrada;
- Regras: declarações na forma de uma sentença “se-então” que descrevem as inferências lógicas que podem ser retiradas de uma afirmação;
- Axiomas: afirmações e regras em uma forma lógica que compõem o conceito geral que a ontologia descreve no seu domínio da aplicação. Nem todas as ontologias precisam ter axiomas; isto depende do seu domínio;
- Eventos: a mudança de atributos ou relacionamentos.

No caso da OWL 2.0, utilizada nesse trabalho, os relacionamentos entre objetos podem ser declarados como (Bock, et al, 2012):

- Funcional;
- Funcional inversa;
- Simétrica;
- Assimétrica;
- Transitiva;
- Reflexiva;
- Irreflexiva;

### 5.3 Vantagens da utilização de ontologias

A utilização de ontologias para descrever e organizar o conhecimento de determinados domínios traz uma série de vantagens, algumas são citadas a seguir:

- Ontologias fornecem um vocabulário para representação do conhecimento. Esse vocabulário tem por trás uma conceituação que o sustenta, evitando assim interpretações ambíguas desse vocabulário.
- Ontologias permitem o compartilhamento de conhecimento. Sendo assim, caso exista uma ontologia que modele adequadamente certo domínio de conhecimento, esta pode ser compartilhada e usada por pessoas que desenvolvam aplicações dentro desse domínio. Para exemplificar, considere que exista uma ontologia para o domínio de livrarias. Uma vez que essa ontologia está disponível, várias livrarias podem construir seus catálogos usando o vocabulário fornecido por essa ontologia sem a necessidade de refazer uma análise do domínio de livraria.
- Fornece uma descrição exata do conhecimento. Diferentemente da linguagem natural em que as palavras podem ter semântica totalmente diferente conforme o seu contexto, a ontologia por ser escrita em linguagem formal, não deixa espaço para o *gap* semântico existente na linguagem natural. Por exemplo, quando uma pessoa fala para outra a palavra “Globo” ela pode estar querendo falar a respeito de um corpo esférico, como também de um canal de televisão brasileiro. A interpretação da palavra pode ser atribuída a um conceito ou outro conforme o estado mental do indivíduo. Porém, se há uma conceituação comum entre essas duas pessoas, a possibilidade de mal entendido diminui muito. Por exemplo, se essas pessoas concordam em uma ontologia sobre o domínio de formas geométricas, possivelmente não haverá mal entendido.
- É possível fazer o mapeamento da linguagem da ontologia sem que, com isso, seja alterada a sua conceituação, ou seja, uma mesma conceituação pode ser expressa em várias línguas.
- Pode ser possível estender o uso de uma ontologia genérica de forma a que ela se adeque a um domínio específico. Por exemplo, se alguém precisa de

uma ontologia sobre bicicletas para construir uma aplicação e só encontra uma ontologia sobre o domínio genérico de veículos, pode utilizar essa ontologia estendendo-a para o domínio específico da aplicação, que no caso são de bicicletas.

#### **5.4 Critérios para construção de ontologias**

A construção de ontologias é uma tarefa exaustiva e exige um alto grau de conhecimento do domínio a ser representado. Do ponto de vista da engenharia de ontologias, uma ontologia é um produto que deve ser projetado para propósitos específicos. Quando se escolhe como representar algum elemento em uma ontologia, estão sendo tomadas decisões de projeto e, assim, são necessários critérios objetivos de avaliação para guiar o processo de projeto.

A seguir são listados os critérios preliminares de projeto de uma ontologia, propostos por Gruber (1992), onde foram assumidos o propósito do compartilhamento de conhecimento e a interoperabilidade entre programas:

- **Clareza:** Uma ontologia deve comunicar efetivamente o significado projetado dos termos definidos e, assim, suas definições devem ser objetivas. Onde for possível, uma definição completa é preferida em relação a uma definição parcial e todas as definições devem ser documentadas em linguagem natural, de modo a reforçar a clareza.
- **Coerência:** caso uma sentença inferida a partir de axiomas, contradiga uma definição ou exemplo dado informalmente, então a ontologia é incoerente. A ontologia deve comportar apenas inferências consistentes com as definições.
- **Extensível:** uma ontologia deve permitir que novos termos possam ser definidos para usos especiais baseados no vocabulário existente, de maneira que não seja requerida a revisão das definições previamente existentes.
- **Mínima preocupação com implementação:** a conceituação deve ser especificada no nível do conhecimento, isto é, sem depender de uma codificação particular no nível simbólico ou de codificação.
- **Mínimo compromisso com ontologia:** uma ontologia deve requerer o compromisso ontológico mínimo suficiente para dar suporte às atividades de

compartilhamento de conhecimento desejadas, permitindo que as partes comprometidas com a ontologia fiquem livres para especializar e instanciar a ontologia na medida do necessário.

## 5.5 Inferências sobre ontologias

Para aumentar o poder de expressividade das ontologias, regras de inferência podem ser utilizadas. Através de métodos de raciocínio, alguns softwares, chamados *reasoners*, são capazes de inferir conclusões lógicas baseados em fatos ou proposições. A utilização de inferência sobre ontologias permite descrever os passos de raciocínio primitivo no processo de resolução de um problema. Uma inferência recebe como entrada uma parte do conhecimento do domínio em questão e gera uma saída, a qual é uma transformação desse conhecimento (SCHREIBER, 2003).

Em outras palavras, a inferência possibilita derivar conclusões a partir de informações existentes na ontologia. Um exemplo de regra poderia ser utilizado para indicar que dois indivíduos são primos. Dada regra descreveria que os filhos de dois irmãos são primos, logo, baseado na ontologia que descreveria esse domínio de informações, contendo indivíduos com associações do tipo "é-Pai" e "é-Irmao", seria possível ao motor de inferências a conclusão que os filhos de indivíduos irmãos são primos.

A questão das inferências depende da linguagem utilizada para a representação de ontologias, onde algumas não permitem inferências. A *Web Ontology Language* (OWL), padrão sugerido pelo W3C<sup>10</sup>, por exemplo, possibilita a realização de inferências sobre as ontologias descritas com tal linguagem. A versão mais atual da OWL (2.0) possui um maior número de construtores, com os quais é possível, por exemplo, representar a regra dos primos através de restrições apenas, no caso utilizando *property chains*. Outras inferências mais complexas necessitam da utilização de regras. Para OWL, são utilizadas as regras SWRL (HORROCKS *et al.*, 2004).

---

<sup>10</sup> <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>

## 5.6 Sumário do capítulo

Neste capítulo foram inseridas ontologias no contexto deste trabalho. Após a apresentação das definições, foram citados os elementos de uma ontologia e as vantagens do uso desta abordagem. Também foram expostos critérios para a construção de ontologias e apresentados conceitos sobre inferências sobre as mesmas. O capítulo seguinte delineará uma ontologia para um ambiente *homecare* pervasivo e a inserção de um robô.

## 6 UMA ONTOLOGIA PARA AMBIENTES *HOMECARE* PERVASIVOS

Este capítulo descreve como se realizou a modelagem de uma ontologia para ambientes *homecare* pervasivos. O objetivo desta ontologia é possibilitar ao sistema pervasivo ter ciência do contexto atual, ou seja, saber exatamente quais entidades estão presentes no ambiente, quais possibilidades de interação estas entidades possuem e qual o comportamento esperado para os dispositivos computacionais envolvidos.

Conforme visto no Capítulo 5, uma das vantagens da utilização de ontologias é a capacidade de expansão. Com base nisso, a ontologia modelada na presente dissertação tem como base o trabalho de Freitas (2012), o qual construiu uma ontologia para mapear o conhecimento existente no domínio de um ambiente *homecare*. Essa mesma ontologia, posteriormente, recebeu contribuições de Bastiani (2013), para representar o domínio de um *homecare* voltado a portadores de demência.

O grupo de Linguagens de Programação e Banco de Dados da UFSM realizou reuniões com juntas médicas de um hospital universitário com o objetivo de sanar dúvidas de como é realizado o trabalho de profissionais da saúde durante o tratamento de pacientes. A partir destas reuniões, definiu-se a ontologia que descreve o domínio de um ambiente *homecare*, descrita em detalhes nas seções posteriores.

### 6.1 Classes

Existem diversas discussões sobre classes gramaticais e construtos de ontologias na literatura. Por exemplo, classes geralmente são apresentadas através substantivos; Guarino (1994A, 1994B, 1995) discute a utilização de substantivos contáveis e não contáveis. Paciente pode ser tido como um substantivo contável, “um paciente, dois pacientes”, diferentemente de cores, tal como “um vermelho, dois vermelhos”. Portanto, a semântica apresentada por ontologias geralmente possui foco em pessoas e máquinas, sendo que, em diversos casos, a semântica para pessoas não afeta diretamente máquinas e vice-versa.

A ontologia para *homecare* está representada seguindo o formato OWL. Segundo este padrão, a classe *owl:Thing* é a raiz da árvore hierárquica da ontologia. A Figura 5 apresenta a árvore das classes da ontologia.

É importante salientar que existem classes abstratas, as quais nenhum indivíduo será associado diretamente. Um exemplo disso é a classe *Pessoa*, em que qualquer pessoa envolvida com o *homecare* deve ser classificada como *Paciente*, *Familiar*, *Visitante*, *Acompanhante* ou *Profissional*, sendo esta última, também uma classe abstrata.



Figura 5: Hierarquia de classes da ontologia para *homecare*

Os profissionais que atuam em um *homecare* precisam ser classificados como *Médico*, *Técnico em Enfermagem* e *Enfermeiro*. Essas definições são importantes para aumentar a semântica da representação, permitindo que o sistema controle questões que interferem no fluxo de tratamento do paciente, e, também, gerenciar políticas de privacidade de informações e preferências de usuários. Outra classe abstrata é a classe *Exame*, cujas subclasses são *Exame de Urina*, *Raio-X*, *Hemograma* e *Outro*. Esta última abrange exames que não foram definidos anteriormente.

Para que um robô possa interagir com os usuários e deslocar-se no ambiente, é necessário ter conhecimento sobre as *Mobílias* e *Cômodos* de onde está inserido.

Estas são subclasses de *Casa*, também abstrata. A última classe abstrata agrupa os *Dispositivos Computacionais*, os quais devem ser classificados como Robô, Smartphone, Tablet, SmartWatch e SmartTV. Essa classificação se faz necessária para identificar o tipo de dispositivo computacional envolvido no ambiente, seu poder de processamento (limitações) e a prioridade com que o usuário deseja para a interação.

O robô também precisa ter ciência de suas *Tarefas*, das tarefas e *Sintomas* do paciente, do *Tratamento* ao qual ele está sendo submetido e seus *Sinais Vitais*. Caso uma das tarefas seja lembrar o paciente sobre o *Medicamento* que precisa tomar, deve saber sua localização, hora e posologia (atributos de Medicamento). A ontologia ainda prevê que em um ambiente *homecare* podem existir *Animais de Estimação*, os quais podem estar relacionados a alguma doença respiratória, devido sua pelagem, por exemplo.

A definição dessas classes e sua hierarquia, apenas, não consegue demonstrar o conhecimento de um determinado domínio. Para isso, é necessário que as classes possuam propriedades, ou seja, características que diferenciam os objetos de uma classe para outra. Em muitos casos, essas propriedades são herdadas automaticamente da classe mãe para as subclasses.

As propriedades de uma classe podem ser de dois tipos: propriedades de dados e propriedades de objetos. Ambas serão descritas a seguir.

## 6.2 Atributos

Propriedades de dados descrevem possíveis características para os indivíduos de determinada classe, também conhecidas como atributos. Subclasses herdam essas características das classes mais abstratas em sua hierarquia. Por exemplo, um Médico, além de possuir um CRM e especialidade, também herda a propriedade data de admissão e turno da classe Profissional. Ainda em relação ao médico, ele também possui um identificador e um nome, ambos herdados da classe Pessoa, a qual é superclasse de Profissional, Acompanhante, Paciente, Visitante e Familiar. A Figura 6 apresenta as classes e seus atributos.

- ▼ ● *Pessoa* - identificador e nome
  - ▼ ● *Profissional* - data de admissão e turno
    - *Médico* - CRM, especialidade
    - *Enfermeiro* - COREN
    - *Técnico em enfermagem* - COREN
  - *Acompanhante* - grau de afinidade
  - *Paciente* - doença e idade (diferenciar crianças e adultos)
  - *Visitante* - grau de afinidade e idade (diferenciar crianças e adultos)
  - *Familiar* - grau de parentesco e idade (diferenciar crianças e adultos)
- *Sintoma* - identificador, tipo e frequência
- *Tratamento* - identificador, data de início, data de fim e tipo
- *Medicamento* - identificador, nome, posologia, fabricante
- *Sinais Vitais* - temperatura, batimento e pressão
- ▼ ● *Exame* - identificador e data
  - *Hemograma* - hemácias, leucócitos e plaquetas
  - *Raio-X* - imagem
  - *Urina* - densidade, pH, glicose, proteínas, leucócitos e hemácias
  - *Outro* - nome, descrição, resultado e observação
- *Tarefa* - identificador, nome e hora
- *Animal de Estimação* - identificador, raça, pelagem, agressividade
- ▼ ● *Dispositivo Computacional* - identificador, prioridade, modelo
  - *Robo* - idComodo, bateria, identificadorFonético
  - *SmartPhone* - idUsuario, tamanhoTela, bateria
  - *SmartTV* - idComodo
  - *SmartWatch* - idUsuario, tamanhoTela, bateria
- *Comandos* - voz, gesto, texto, descrição
- ▼ ● *Casa* - identificador, nome, descrição
  - *Cômodo* - tamanho, quantidadePessoas
  - *Móvel* - cor, peso, observação

Figura 6: Atributos das classes

Assim como em diversas outras linguagens para modelagem conceitual, em uma ontologia a representação de determinados conceitos pode ser realizada de diversas formas. Por exemplo, o CRM do médico na ontologia aqui representada refere-se apenas ao código CRM, o qual é representado através de uma propriedade de dados do tipo inteiro. Porém, de acordo com a necessidade, a mesma poderia ser representada através de uma classe, a qual poderia apresentar propriedades como código e data de registro.

### 6.3 Relacionamentos

Propriedades de objetos referem-se a relacionamentos entre conceitos, diferentemente das propriedades de dados, as quais relacionam uma classe a um tipo de dados. Por exemplo, para representar a existência de um acompanhante

para um paciente, são utilizadas propriedades de objetos: *Paciente possuiAcompanhante Acompanhante*. Neste caso, uma tripla é composta por duas classes (Paciente e Acompanhante) e uma propriedade de objetos (*possuiAcompanhante*).

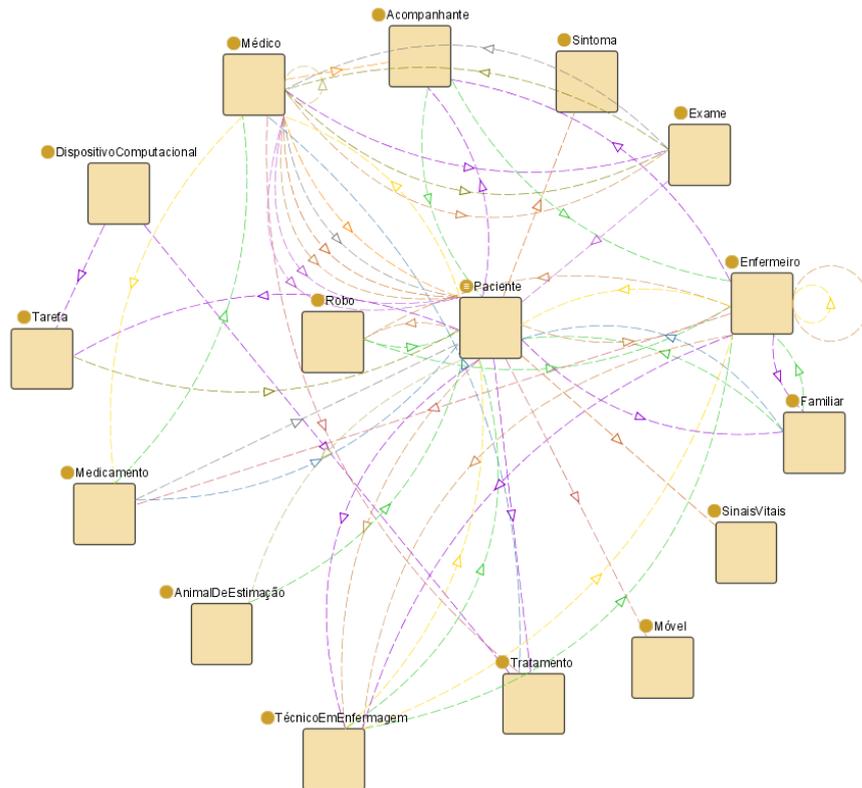


Figura 7: Grafo de relacionamentos

Na Figura 7 é possível observar alguns relacionamentos entre classes através do grafo de relacionamentos. Neste trabalho não serão listados todos os relacionamentos previstos por não se tratar do foco dessa dissertação, e pelo fato de que estes relacionamentos são mutáveis, isto é, criam-se novos e excluem-se outros com o passar do tempo.

#### 6.4 Instâncias

Uma instância, na ontologia, representa um indivíduo dentro do contexto que a ontologia descreve. Cada *thing* (coisa) que existe mapeada na ontologia deve pertencer a uma classe. As instâncias do mesmo tipo, com atributos em comum,

normalmente são categorizadas na mesma classe. Uma pessoa que vai interagir com o ambiente pervasivo, por exemplo, precisa ser uma instância de alguma classe previamente definida, como *Médico*, *Enfermeiro*, *Paciente*, entre outros.

Para o presente trabalho, as instâncias que farão parte da ontologia serão criadas ao decorrer do tempo, a partir das informações oriundas dos sensores presentes no ambiente, dos cadastros realizados pelos usuários, ou ainda através de consultas ao sistema PEP, conforme consta no Capítulo 7.

## 6.5 Consultas

Uma vez definidas as classes, atributos, relacionamentos e as instâncias na ontologia, pode-se realizar consultas sobre a mesma. As consultas tem a finalidade de obter dados relevantes ao contexto que a ontologia representa. Neste trabalho as consultas foram modeladas na linguagem SQWRL (*Semantic Query-Enhanced Web Rule Language*) que permite a criação de consultas na ontologia de forma análoga ao SQL. Essas consultas são executadas pelo motor de inferências da ontologia representada em OWL. Para exemplificar, supõe-se que existe uma notificação pendente e o sistema deseja saber a localização do Robô, para verificar se este pode executar o aviso:

$$\text{Robo}(?r) \wedge \text{C\^omodo}(?c) \wedge \text{esta\_Em}(?r, ?c) \rightarrow \text{sqwrl:select}(?c)$$

Esta consulta resulta o cômodo em que o robô está localizado no momento da execução da mesma. Baseado nessa informação o sistema pode decidir entre o robô ou um dispositivo computacional para realizar a notificação ao usuário. Com isto, o ambiente pervasivo consegue resgatar informações existentes na ontologia, e também inferir novos conhecimentos, a partir dos já existentes, conforme é visto a seguir.

## 6.6 Inferências sobre a ontologia

Inferir um conhecimento significa chegar a uma conclusão baseado na dedução de alguns fatos. Essa é uma das vantagens de utilizar ontologias para mapear o conhecimento de um determinado domínio. Como visto no Capítulo 5,

utilizando um motor de inferências, chamado *reasoner*, é possível deduzir novos conhecimentos, inclusive criar novas instâncias de classes, baseado nos fatos presentes na ontologia, como relacionamentos e regras.

Neste trabalho, a linguagem utilizada para criar as regras de inferência é a SWRL. Essas regras serão executadas sempre que seus parâmetros forem aceitos pelo *reasoner*, da mesma forma que as regras SQWRL.

Um exemplo de inferência na ontologia para ambiente homecare pode ser visto abaixo:

```

Robo(?r)  ∧  bateria (?r, ?b)  ∧  swrlb:lessThan(?b,5)  ∧
Tarefa (?t)  ∧  nome_tarefa(?t,"Recarregar Bateria")  →
realiza (?r,?t)

```

Ao detectar que o robô está com sua bateria praticamente descarregada (<5%), a ontologia cadastra a tarefa “Carregar Bateria” para ser executada pelo robô. Dessa forma o robô tem condições de se deslocar automaticamente até a base e recarregar sua bateria, evitando ficar inoperante e precisar de intervenção humana para esse fim.

## 6.7 Sumário do Capítulo

Este capítulo apresentou a ontologia proposta para que um ambiente pervasivo homecare possa ter ciência de contexto e integrar o robô Rulian como ferramenta para interação com usuários e acompanhamento do paciente. O capítulo a seguir descreve uma arquitetura modelada para o funcionamento do ambiente pervasivo, bem como de que forma é feita a comunicação entre os módulos dessa arquitetura com a arquitetura do robô.

## 7 INSERÇÃO DE UM ROBÔ NO AMBIENTE *HEMOCARE* PERVASIVO

Este capítulo apresenta a arquitetura proposta para a inserção de um robô em um ambiente pervasivo *homecare*. O objetivo principal é auxiliar no tratamento de pacientes que podem/preferem receber cuidados médicos em casa, diminuindo a sobrecarga do cuidador e melhorando a qualidade de vida dos envolvidos, ao passo em que o paciente continue a receber a atenção e cuidados necessários. Para isso, é necessário que o sistema e o robô se adaptem às mudanças de contexto do ambiente.

### 7.1 Arquitetura Proposta

A arquitetura proposta possui uma configuração apresentada na Figura 8, a qual insere um robô móvel, denominado *Rulian*, como ferramenta complementar no acompanhamento e auxílio de pacientes, integrado ao sistema pervasivo em ambiente *homecare* criado previamente, como descrito nos trabalhos de Freitas (2012) e Bastiani (2013).

Esta arquitetura será composta por três domínios, que interagem a partir da troca de informações entre si. O primeiro refere-se ao próprio ambiente *homecare*, composto por uma série de sensores e dispositivos computacionais (TV digital, *smartphones*, sistema de medição de sinais vitais e outros sensores, por exemplo), que definem um ambiente pervasivo.

O segundo refere-se à nuvem computacional, onde ficam armazenadas informações do prontuário eletrônico do paciente (PEP), responsável pela base de dados do paciente, bem como a ontologia *homecare* e sua base de regras. O terceiro domínio refere-se ao robô, uma unidade móvel autônoma, dotada de sensores e capacidade de interação com o usuário.

A utilização de um robô móvel inserido no ambiente pervasivo, também tem um papel de facilitador da utilização dessas novas tecnologias. Devido à interface humano-robô, que será descrita adiante no módulo de interação com o usuário, a comunicação parece mais natural ao usuário do que a comunicação direta com o ambiente.

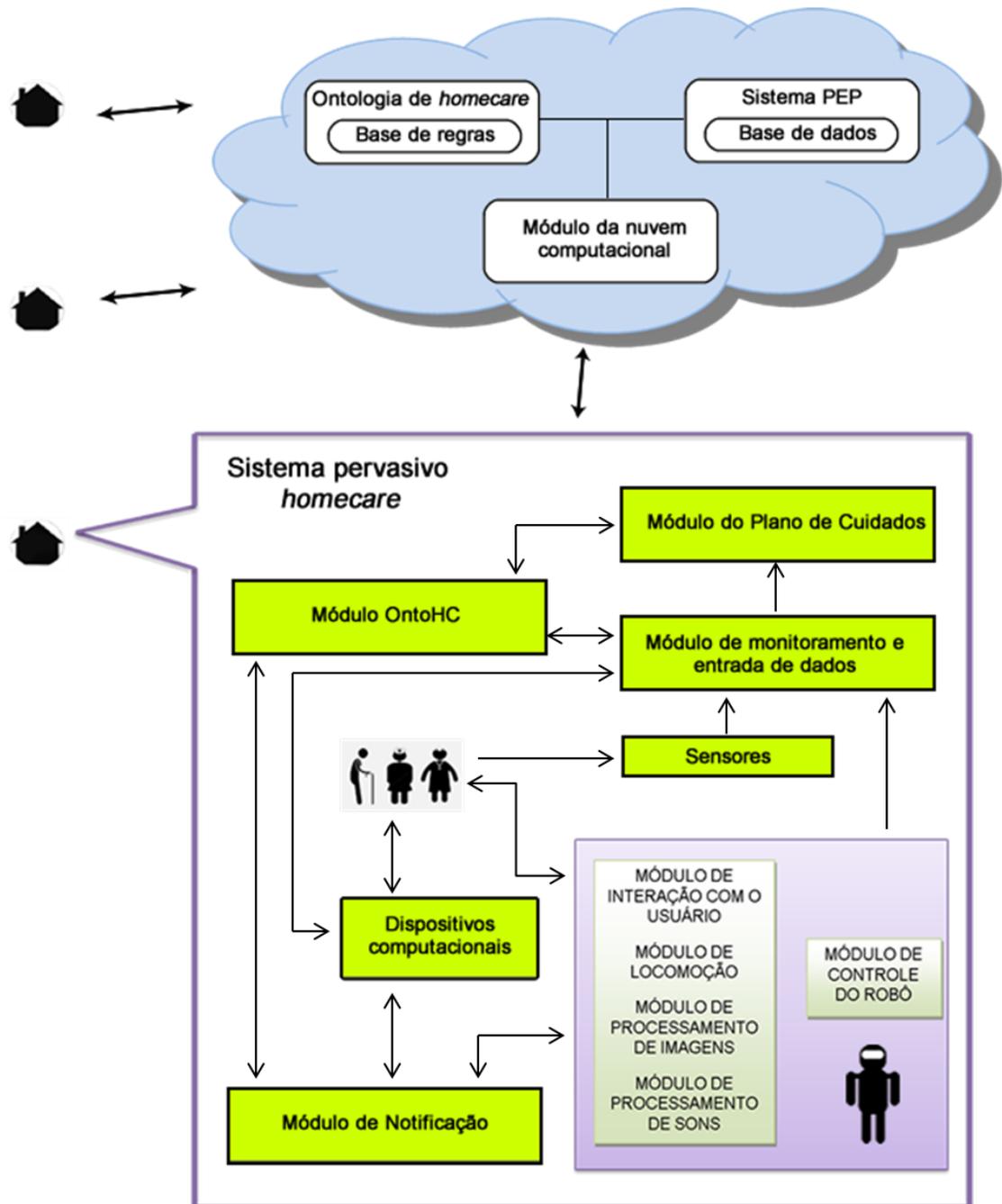


Figura 8: Arquitetura proposta para inserção do robô *Rulian* no ambiente *homecare* pervasivo composta por três domínios.

A comunicação entre os módulos e o robô é feita através de arquivos XML (BRAY *et al.*, 2008), linguagem considerada padrão para informações na web, portanto também é desejável a utilização de sua sintaxe para modelar ontologias. Cada módulo desempenha funções importantes para o ambiente pervasivo, conforme é descrito a seguir.

### 7.1.1 Módulo OntoHC

Todas as informações detectadas pelos sensores da casa e pelos sensores do robô são verificadas pelo módulo OntoHC, considerado o módulo central do sistema. Além disso, ele possui um repositório, no qual são armazenadas as ontologias que já foram criadas representando o contexto atual. Cada vez que um novo contexto é detectado, define-se uma nova ontologia contendo as entidades envolvidas no dado momento. A ontologia que até então era de contexto atual é enviada para o repositório. Assim, pode-se ter um controle (*log*) de situações que já aconteceram no ambiente.

Este módulo realiza uma análise do contexto e é o responsável por fornecer as respostas ou comandos direcionados ao sistema pervasivo e ao robô, com o objetivo de atender determinadas necessidades do usuário. A Figura 9 representa com detalhes funcionamento do módulo.

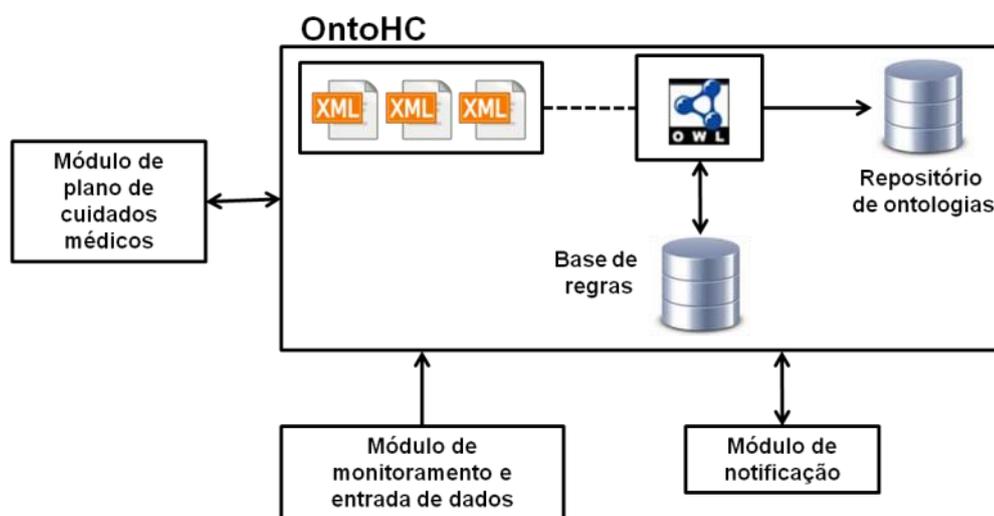


Figura 9: Componentes do *módulo OntoHC*.

O módulo OntoHC envia as novas informações para o módulo de processamento da nuvem, que criará uma nova versão, a partir da ontologia de *homecare*, com as classes, relações, atributos e restrições referentes às entidades capturadas.

Se as informações obtidas estiverem relacionadas à saúde do paciente (sinais vitais, frequência cardíaca, etc.), o módulo busca, em sua base de dados, regras que atendam as entidades identificadas e aplicações específicas são disparadas para serem utilizadas pelo usuário; muitas destas aplicações enviadas poderão ser executadas pelo robô. Caso as informações sejam sobre atividades realizadas pelo paciente, o módulo OntoHC verifica junto ao módulo do plano de cuidados qual o tipo de recomendação médica indicada. Este módulo contém uma série de prescrições médicas e cognitivas para o tratamento do paciente, as quais podem ser repassadas ao usuário com auxílio do robô.

Se as informações obtidas estiverem relacionadas a alguma atividade realizada pelo paciente, o módulo OntoHC verifica junto ao módulo do plano de cuidados se essa atividade é uma recomendação médica ou não. Os módulos OntoHC e plano de cuidados se comunicam verificando se as prescrições recomendadas são repassadas ao paciente e se a execução das mesmas é realizada. O robô possui a capacidade de intermediar estas ações, comunicando o paciente sobre as prescrições e conferindo a plena realização desta atividade, igualmente comunicando-se com o módulo OntoHC.

Em determinado horário da manhã, por exemplo, o paciente precisa tomar uma medicação. As informações de horário e que remédio deve ser tomado estão armazenados no PEP, localizado na nuvem computacional. O módulo OntoHC recebe esta informação do PEP e repassa ao módulo de notificação para que, através de algum dispositivo computacional, repasse o lembrete ao paciente. O robô será uma alternativa de comunicação e interação com o usuário/paciente ou demais usuários, atuando, em determinados casos, como um dispositivo computacional.

### 7.1.2 Sensores

No ambiente pervasivo, sensores estão distribuídos pela casa e realizam frequentes varreduras em busca de informações relevantes para o cuidado do paciente e conforto dos usuários. Os sensores são capazes de detectar diversos tipos de alterações, que vão desde informações importantes, como os sinais vitais do paciente, identificação de pessoas, detecção de fumaça (incêndio), até informações menos relevantes, como temperatura do ambiente, luminosidade e

umidade do ar. Todavia, todas as informações são úteis para modelar um contexto condizente com a situação.

*Rulian* agrupa diversos desses sensores, fazendo com que o ambiente onde ele está inserido possa ser mapeado pela arquitetura proposta e a ontologia possa representar o contexto facilmente. Por ser um robô móvel, *Rulian* pode captar informações relevantes de qualquer cômodo da casa, incluindo aqueles que por algum motivo não apresentem sensores, e repassá-las ao sistema pervasivo, auxiliando no monitoramento e melhor compreensão do contexto. Todos os sensores do ambiente, bem como os do robô, no que diz respeito à captação de dados reportam-se ao Módulo de monitoramento e entrada de dados, que é descrito a seguir.

### 7.1.3 Monitoramento e entrada de dados

Este módulo tem por objetivo padronizar as informações oriundas do robô e dos sensores espalhados no ambiente. Por serem muito heterogêneos, os sensores podem enviar informações das mais diversas formas. Um determinado termômetro, por exemplo, envia a temperatura como sendo uma voltagem (10 mV para cada grau na escala Celsius), enquanto um sensor de Radiofrequência envia uma *string* hexadecimal correspondente à etiqueta detectada no ambiente.

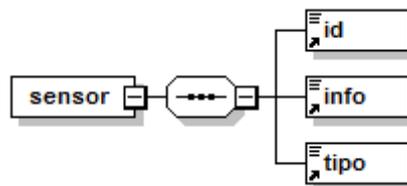


Figura 10: Estrutura XML que controla modificações de contexto.

Dentro deste módulo é feito um processamento das informações detectadas pelos sensores que monitoram o ambiente para então serem enviadas para o módulo OntoHC. Ao receber sinais enviados pelos sensores, este módulo gera um documento XML com informações referentes às leituras realizadas. A Figura 10 apresenta a estrutura do documento *sensor.xml*.

A estrutura XML é composta por três *tags*, as quais guardam informações sobre cada entidade presente em um contexto detectado. Todos os sensores do ambiente possuem identificadores únicos. Quando este XML é criado, o código identificador do sensor é armazenado na *tag id*. A relevância desta informação está no fato de que ambiente pode diversos tipos de sensores e isto deve ser levado em consideração para o correto funcionamento do sistema. Por exemplo, um evento detectado por um sensor que monitora a pressão arterial do paciente deve ser tratado de forma específica, uma vez que uma alteração brusca pode representar uma crise no estado de saúde do paciente e, conseqüentemente, deve ser resolvido com urgência. Por sua vez, um sensor que detecta a chegada e saída de pessoas do ambiente, nem sempre representa um caso de urgência.

A segunda *tag* deve armazenar uma informação referente a uma instância da ontologia, ou seja, a um indivíduo de uma classe. Ela refere-se à informação propriamente dita, coletada pelo sensor (por exemplo, um valor de temperatura de um paciente). A última *tag* armazena o tipo de informação coletada, por exemplo, o identificador de uma pessoa. A importância desta *tag* está no fato de que toda instância presente na ontologia possui uma série de atributos (propriedade de dados) atrelados a ela. Caso seja detectada a temperatura de 37.5 de um paciente, o conteúdo do arquivo terá na *tag info* o valor "37.5" e na *tag tipo* o valor Temperatura.

Para cada entidade detectada em um contexto será gerado um arquivo XML correspondente. Assim, se um paciente está no quarto acompanhado do robô e um médico entra no ambiente, os sensores detectarão isso e será criado um arquivo XML apenas para o médico. Isto porque as outras entidades detectadas (instância de Paciente e Robô) já estão mapeadas na ontologia do OntoHC.

O conjunto de valores *id* caracteriza um contexto atual do ambiente e, de acordo com o contexto gerado, serão enviados para diferentes módulos do sistema para manipulação adequada. A decisão sobre para qual módulo deve ser enviado é baseada no contexto gerado, ou seja, caso o contexto envolva de alguma forma, uma premissa definida no módulo de plano de cuidados médicos os documentos são então enviados para lá e para o módulo OntoHC, pois estes dois últimos se comunicam, trocando informações até verificar a decisão mais adequada a ser tomada. Caso não esteja diretamente relacionado ao tratamento do paciente, são enviados apenas para o OntoHC.

Este módulo também pode receber informações de dispositivos móveis, como um novo horário de remédio, encaminhado pelo *smartphone* do médico. Ao realizar uma ação deste tipo um documento denominado *dispComp.xml* é gerado com a estrutura de *tags* apresentada na Figura 11.

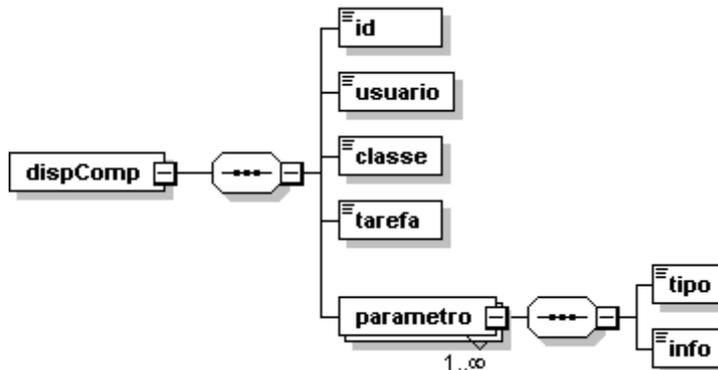


Figura 11: Estrutura enviada por dispositivos computacionais para o sistema.

A estrutura do documento é composta por cinco *tags*, onde a primeira armazena o código identificador do dispositivo usado para inserir novas informações. Este dispositivo pode ser o próprio robô, TV, *smartphone*, *tablets* ou qualquer outro disponibilizado aos usuários. O segundo elemento refere-se ao código identificador do usuário que interagiu com o sistema. A terceira *tag* guarda a classe da ontologia a qual pertence à instância armazenada *tag* usuário.

O quarto elemento refere-se à tarefa que o usuário está realizando através do dispositivo computacional como, por exemplo, alterar horário de medicação e restringir ou liberar atividades para o paciente. O conteúdo desta *tag* representa uma propriedade de objeto na ontologia, a qual liga dois indivíduos. Por último, o elemento parâmetro terá outras duas *tags* as quais podem armazenar uma ou mais informações necessárias para a execução da tarefa.

A *tag* tipo representa o tipo de informação que está sendo passado por parâmetro, que na ontologia é uma propriedade de dado (atributo). Esta *tag* pode conter, por exemplo, nome de exame, sintoma ou nome de um remédio. Por fim, *tag* info representa uma instância armazenada na propriedade da *tag* tipo.

Esta nova informação será processada e enviada ao módulo de plano de cuidados, para ser armazenada. Da mesma forma, informações como, uma atividade

física durante 15 minutos três vezes ao dia, podem ser inseridas no sistema utilizando o robô, por meio da forma verbal ou escrita (acessando *menu de comandos* na tela do robô), em uma visita realizada pelo médico, por algum parente ou pelo próprio usuário. Estas informações serão repassadas ao módulo de *monitoramento e entrada de dados*, o qual encaminhará para o *módulo de plano de cuidados*, para serem armazenadas.

#### 7.1.4 Módulo de Notificação

Este módulo tem por objetivo entregar informações aos usuários. A partir de um arquivo XML, contendo o identificador do usuário e o identificador da notificação, recebido do *módulo OntoHC*, o módulo de notificação primeiramente localiza o usuário a ser notificado, através da execução da seguinte regra sobre a ontologia:

```
Pessoa (?p) ^Comodo (?c) ^esta_Em (?p, ?c) ->sqwrl:select (?c)
```

Em sequência, o módulo seleciona o dispositivo computacional adequado com base nas preferências do usuário, localização dos dispositivos, prioridade de interação e disponibilidade dos mesmos. A Figura 12 ilustra a ordem de execução das tarefas do Módulo de notificação.

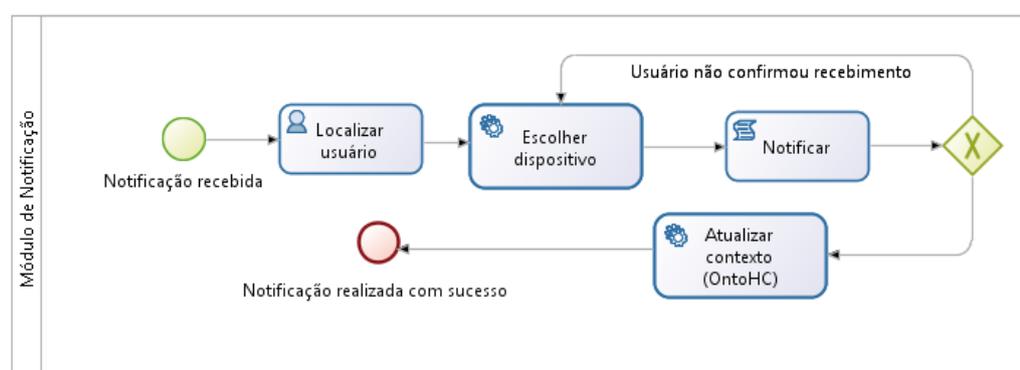


Figura 12: Funcionamento do módulo de notificação.

Uma vez escolhido o dispositivo que vai notificar o usuário, é disparada a aplicação responsável por isso. Esta pode ser um aviso (sonoro ou visual) efetuado pelo robô, o qual aguardaria a confirmação do usuário (via voz ou toque na tela); um lembrete no dispositivo móvel portado pelo usuário, conforme Figura 13, ou ainda

um aviso na tela da *smartTV*, caso exista uma disponível no cômodo onde encontra-se o usuário.

Ainda é possível enviar notificações aos usuários que não estão presentes em nenhum cômodo do *homecare* (quando o retorno da consulta à ontologia é *null*). Para isso, também é necessário que o módulo de notificação selecione o dispositivo adequado e execute a aplicação correspondente, seja esta aplicação um SMS ou uma ligação para o celular, ou uma notificação via *tablet* ou *smartphone*.



Figura 13: Exemplo de um aplicativo móvel apresentando um lembrete ao paciente

Ainda, caso o módulo de notificação não receba uma confirmação que o usuário está ciente do lembrete, ele escolhe outro dispositivo para realizar uma nova notificação, respeitando a ordem preestabelecida. Uma vez confirmando a notificação, o módulo sinaliza ao módulo OntoHC para atualizar o contexto atual, encerrando a atividade de notificação.

#### 7.1.5 Plano de cuidados

No módulo de plano de cuidados estão armazenadas prescrições médicas ou tarefas que precisam ser realizadas pelo usuário, como horário de medição da pressão, medicamentos, exercícios, entre outros. Estas orientações, ou prescrições, podem ser inseridas no plano de cuidados a partir dos dispositivos computacionais que o próprio médico utilize ou que tenha acesso ou pelo robô, como mencionado anteriormente.

As informações lançadas no sistema, tanto através de um dispositivo móvel quanto pelo robô, são enviadas para o módulo de *monitoramento e entrada de dados*. Este módulo verifica se as informações contidas no XML recebido do módulo de dispositivos móveis referem-se de alguma forma ao tratamento do paciente e então as atualiza no módulo de plano de cuidados.

#### 7.1.6 Módulo da nuvem computacional

Este módulo é responsável pelas informações armazenadas na nuvem computacional. Através dele, pode-se acessar o sistema de prontuário eletrônico do paciente (PEP), base de dados com as informações sobre a saúde do paciente. Para criação de novas ontologias é necessário manter essa base de dados atualizada visto que é responsável por acessar a ontologia de *homecare* para criar uma nova ontologia para um *homecare* específico, se assim for necessário. Todos os processamentos são realizados a partir de informações enviadas pelo módulo OntoHC, através de arquivos XML.

## 7.2 Especificação dos componentes do Robô

Assim como os sensores do ambiente pervasivo e os dispositivos computacionais, o robô é capaz de realizar observações sobre o ambiente e os usuários, processar estas informações e emitir respostas. O robô está imerso no ambiente pervasivo, trocando constantemente informações sobre o estado dos usuários e das coisas (objetos). O robô é capaz de executar autonomamente ordens dadas pelo usuário ou pelo ambiente, bem como realizar tarefas mediante agendamentos.

A arquitetura proposta para o robô *Rulian* é composta por cinco módulos: módulo de controle, interação com o usuário, módulo de locomoção, módulo de processamento de imagens e módulo de processamento de sons.

### 7.2.1 O módulo de controle

Este é o módulo central do robô, que gerencia a comunicação de *Rulian* com o sistema pervasivo e usuários. Também é o responsável por acionar os outros

módulos quando necessário e armazenar as informações dedicadas à configuração e personalização do robô. Da mesma forma que o módulo de controle do robô envia informações para o Módulo de monitoramento e entrada de dados do ambiente pervasivo, é por este módulo que os comandos oriundos do módulo de notificação chegam até o robô.

Assim como os demais módulos do sistema pervasivo, a comunicação com o *módulo de controle* do Robô também é feita através da troca de documentos XML com informações referentes a determinados contextos. Considerando isto, destaca-se que os *módulos de processamento de imagem e de som* recebem nestes documentos informações como, por exemplo, o código identificador de um arquivo e para realizar o processamento adequado. Tal processamento refere-se a uma manipulação específica de acordo com o tipo de arquivo.

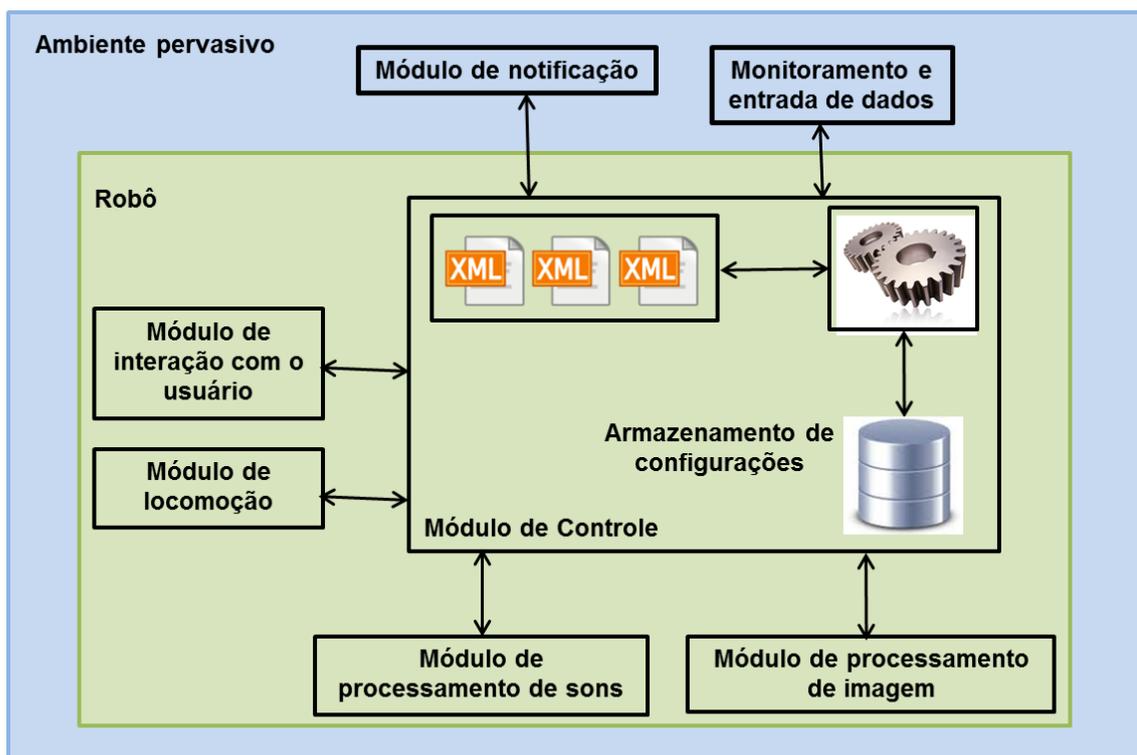


Figura 14: Funcionamento do módulo de controle.

Por sua vez, o *módulo de locomoção* é o responsável por informar ao sistema pervasivo a posição exata do robô, bem como receber instruções referentes a uma localização para onde o mesmo deve se deslocar. A importância deste módulo está

no fato de que o robô *Rulian* deve estar sempre junto ao usuário, ou então, em um local em que, de alguma forma seja capaz de auxiliar o paciente em suas tarefas. O *módulo de controle* envia informações como coordenadas do local para onde deve se dirigir, códigos identificadores de usuários que estejam no local, demais dispositivos que se encontram ali, entre outras informações. A partir disso, o *módulo de locomoção* é capaz de disparar um serviço para realizar o deslocamento do robô até o destino.

Após realizar o processamento das informações recebidas dos demais módulos (*de notificação, de monitoramento e entrada de dados, locomoção e processamento de imagem e som*), o *módulo de controle* inicia uma comunicação com o *módulo de interação com o usuário*. É neste momento que todos os envolvidos podem trocar informações com o sistema pervasivo. Médicos podem solicitar e/ou visualizar exames clínicos, pacientes podem receber notificação sobre horário de medicamento e enfermeiros podem atualizar atividades diárias referentes ao plano de cuidados criado para o paciente. Sempre que o usuário finaliza a interação com o sistema pervasivo através do *módulo de interação* do robô, o *módulo de controle* registra tal atividade em sua base de dados.

A seguir, os módulos que interagem com o *módulo de controle* são descritos em detalhes.

## 7.2.2 Módulo de interação com o usuário

As subseções seguintes descrevem a aparência do robô e suas formas de interação com os usuários.

### 7.2.2.1 Aparência do robô

A aparência externa do robô será de um protótipo humanoide, porém no lugar da cabeça haverá uma tela *touchscreen* personalizável, dotada de alguns modelos de rostos de agentes computacionais. O usuário poderá escolher entre alguns rostos femininos, masculinos ou robô, de acordo com a sua preferência. A utilização de um rosto humano representado por um agente computacional deve-se à possibilidade de contemplar uma maior variedade de expressões e emoções (alegria, tristeza,

comportamento pensativo, entre outros), tendo como objetivo tornar a interação humano-robô mais natural e facilitar a aceitação desta ferramenta.

Também é possível que a tela apresente apenas uma imagem gráfica com *menu de comandos*, oferecendo ícones com opções de comando, para que o usuário selecione diretamente as ações para que o robô execute (Figura 15).

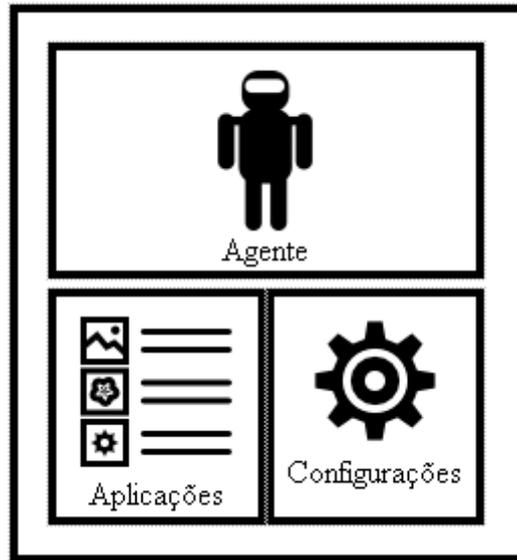


Figura 15: Menu de comandos do robô Rulian.

O usuário poderá interagir com o robô Rulian por meio de comandos de voz, conversando com o agente computacional (detalhado na seção 7.2.3) ou utilizando o *menu de comandos* da tela *touchscreen*. O software componente do robô apresenta os seguintes recursos, descritos na Tabela 1.

O robô apresenta dois braços e duas pernas articuladas. Os braços longos são idealizados possuindo mão que possa pegar, segurar e transportar objetos de um lugar para outro. Rulian possui estrutura estável para que o paciente possa se apoiar nele para caminhar pela casa. Os movimentos do robô são realizados de forma independente e de acordo com comandados do usuário.

Sensores existentes no robô realizam verificações constantes do ambiente e do estado do usuário. O robô contém duas câmeras, uma localizada na parte superior do monitor, responsável pela identificação facial e forma de comunicação; a segunda, localizada próximo às pernas do robô, responsável pela captação de imagens para o mapeamento do ambiente, auxiliando na locomoção. Há microfones

responsáveis por permitir a captura de sons e um alto-falante, responsáveis pela emissão dos sons do sintetizador de voz.

Tabela 1: Conteúdo dos menus que podem ser visualizados a partir dos ícones.

<b>Aplicações</b>	<b>Configurações</b>
Agendamento de Tarefas	Personalizar Agente Computacional
Vídeo Conferência	Gerenciamento de Notificações
Chamada de Áudio	Rede
Prontuário Eletrônico do Paciente	Áudio
Plano de Cuidados	Vídeo
Sensores	Reconhecimento facial

As informações inseridas através do módulo de interação serão armazenadas no módulo de controle.

### 7.2.3 O módulo para processamento de som

Microfones embutidos são responsáveis por captar sons e transmitir áudio. O robô apresenta um vocabulário prévio, armazenado no *módulo de controle*, o qual pode ser expandido. Este vocabulário abrange comandos/ações que serão dados pelo paciente ou qualquer usuário que solicitar uma tarefa ao robô; substantivos como cozinha, quarto, roupas, objetos, utensílios, animais, cores, entre outros.

Para que o robô atenda a um comando verbal, o usuário deve pronunciar inicialmente a palavra “*Rulian*”, que serve como identificador, para então ordenar a tarefa. A palavra que serve como identificador para o robô pode ser modificada. A Tabela 2 apresenta alguns exemplos de comandos programados no robô.

Tabela 2: Exemplos de comandos verbais.

“...ligar para Roberto Oliveira.”
“... lembrar de tomar o remédio às 20h.”
“... vem aqui.”
“... tenho febre?”
“...vai para a sala.”

O usuário emite um comando verbal para o robô, por exemplo: “*Rulian, ligar para Ana*”. O módulo de reconhecimento de voz converte o sinal de áudio para uma

representação textual que será interpretada e processada pelo *módulo de controle*. Este, por sua vez, verifica se recebeu um comando conhecido, conforme Figura16, e o valida junto à ontologia.

Caso o módulo de controle encontre um contato chamado “Ana” em sua base de dados, solicita uma mensagem confirmatória do usuário, emitida por fala ou na tela do robô; após confirmação, que pode ser verbal utilizando a palavra “correto” ou sinalização de prosseguir, na tela do robô, será aberto o aplicativo de comunicação e iniciará a chamada para Ana.

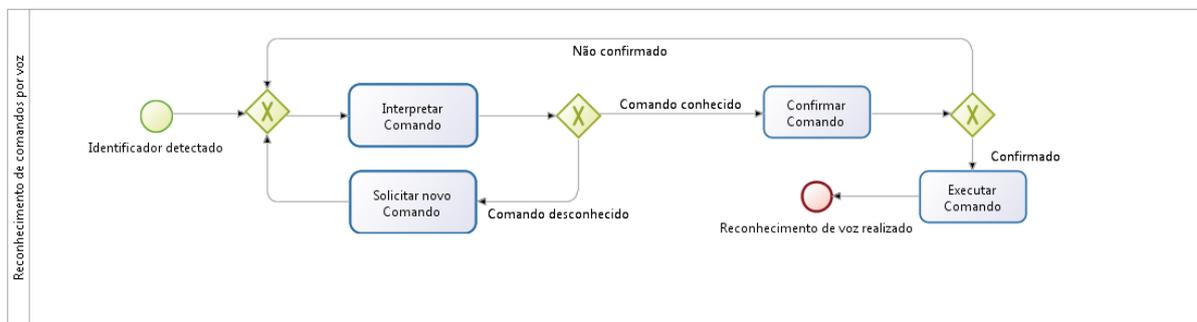


Figura 16: Fluxo de informações a partir de um comando verbal.

Para que o módulo de processamento de som possa converter as falas do usuário em comandos, foi utilizado como referência o trabalho de Goetze *et al.* (2012), o qual permite, através de um sistema de reconhecimento automático de fala (ASR), comparar o espectro sonoro oriundo do microfone com um dicionário previamente definido, realizando o reconhecimento de voz.

Essa tecnologia ainda utiliza por base a arquitetura de Moritz *et al.* (2011), que separa o drive de áudio do sistema operacional do ASR, entregando apenas texto ao desenvolvedor, tornando assim, mais transparente e facilitada a utilização dessa proposta. O funcionamento desse módulo é similar ao que foi descrito no Capítulo 4.4.

#### 7.2.4 O módulo para processamento de imagens

O protótipo proposto é capaz de adquirir informação visual através do *Microsoft Kinect Sensor*®, que interpreta a informação da cena em 3D utilizando um padrão de laser infravermelho. Este sistema de scanner 3D chamado *Light Coding* realiza uma reconstrução das variantes captadas em 3D para formar as imagens (BISWAS; BASU, 2011). O sensor Kinect® é uma barra horizontal ligada a uma pequena base com um pivô motorizado e é concebido para ser posicionado longitudinalmente acima ou abaixo do monitor de vídeo

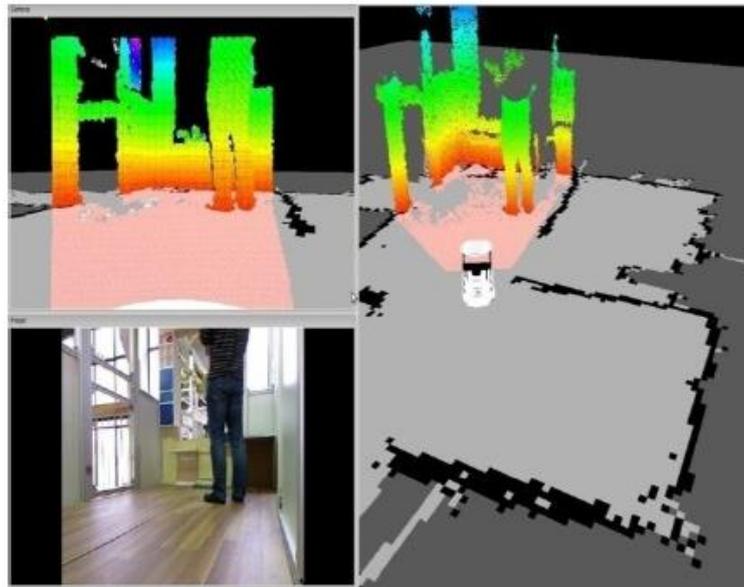


Figura 17: Imagens em 3-D captadas do ambiente interno. Adaptado de Georgoulas *et al.* (2014).

O sensor de profundidade consiste em um projetor de laser infravermelho combinado com um sensor CMOS monocromático, que captura dados de vídeo em 3D em tempo real (Figura 17). Com o Kinect® incorporado, *Rulian* é capaz de calibrar automaticamente o sensor com base no ambiente físico, verificando a presença de mobiliário ou outros obstáculos. Por conter um sensor infravermelho, também pode fornecer uma visão noturna, possibilitando que mesmo em condições de baixa luminosidade, luzes desligadas ou durante a noite, os usuários possam ser assistidos de forma mais segura.

Além de fundamental para o deslocamento de *Rulian*, informando ao módulo de locomoção obstáculos presentes no ambiente, este módulo também pode incorporar funções como reconhecimento facial, ou acompanhamento de atividades de reabilitação físico-motora<sup>11</sup> tornando, assim, uma ferramenta ainda mais útil aos usuários.

#### 7.2.5 O módulo para locomoção do robô

O robô se deslocará de forma autônoma assim que ouvir um comando de voz do usuário ou através de comando emitido pelo *módulo de notificação* do ambiente pervasivo. O robô apresentará pernas articuladas, semelhantes às humanas e também será capaz de auxiliar na locomoção do usuário, empurrando uma cadeira de rodas ou servindo como andador, no qual o usuário pode apoiar-se sobre um de seus braços e ser conduzido até o local desejado.

Levando em consideração que casa é um sistema complexo, formado por diferentes ambientes com grande variedade de condições, como porta, tapetes, revestimentos em madeira, objetos de todos os tipos e espaços restritos, a operação autônoma do robô dar-se-á conforme a capacidade em detectar limites de ordem estrutural, capacidade de percepção e processamento dessas informações. Espera-se que o protótipo do robô *Rulian* caracterize restrições físicas através da medição de diversos elementos, como portas, corredores, bem como compense a instabilidade da plataforma ao passar sobre degraus.

O deslocamento autônomo do robô pela casa é possível através da realização de um mapeamento inicial do ambiente. Para isso utiliza-se o *Simultaneous Localization and Mapping* – SLAM (DISSANAYAKE *et al.*, 2001), uma técnica amplamente empregada por veículos autônomos e robôs para construir um mapa dentro de um ambiente desconhecido, ou para atualizar um mapa de um ambiente, bem como de manter sua localização atual exata e orientação. A principal vantagem do SLAM é que esta ferramenta não necessita de infraestruturas artificiais ou um conhecimento topológico *a priori* do ambiente. Aliando a ferramenta Kinect® para captação constante das imagens, busca-se complementar a aplicação destes recursos na construção mais precisa do mapa do ambiente, melhorando a autonomia de deslocamento do robô.

---

<sup>11</sup> <http://www.jintronix.com/>

Em uma situação real, se o robô estiver em outro ambiente da casa, o usuário pode chamá-lo por comando vocal, “*Rulian, vem aqui*”. A partir deste comando, o módulo de processamento de som será ativado e processará a informação captada pelo microfone. A mensagem textual será encaminhada ao módulo de controle, que fará a interpretação desta informação e repassará ao módulo de locomoção. O módulo de locomoção ativa seu software Kinect e SLAM, responsáveis por traçar a melhor rota, percebendo possíveis obstáculos, possibilitando o deslocamento do robô até o usuário (Figura 18).

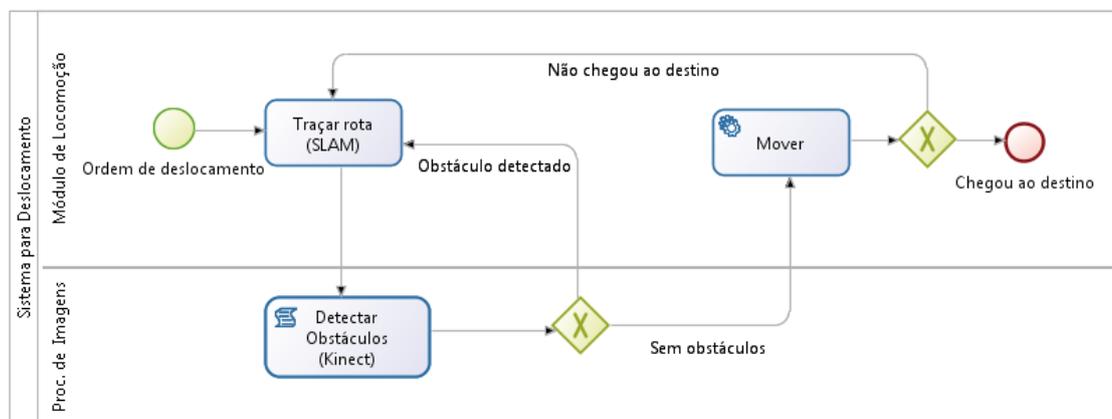


Figura 18: Sistema para locomoção.

### 7.3 Sumário do Capítulo

Este capítulo apresentou a arquitetura proposta para o funcionamento de um ambiente *homecare* pervasivo junto com o robô *Rulian*. Foram explanadas as características e responsabilidades de cada módulo, bem como a ordem de comunicação entre os mesmos. A seguir, é mostrado um estudo de caso com o intuito de validar a metodologia proposta, identificando as vantagens da utilização desta em um ambiente *homecare* aliado ao robô.

## 8 ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta um estudo de caso aliando as ferramentas descritas neste trabalho, integrando o robô no ambiente pervasivo *homecare*. O estudo utilizado adapta um exemplo de Zarghami *et al.* (2011) e busca testar o robô, bem como sua arquitetura, no auxílio das atividades diárias.

### 8.1 Contextualização

Neste caso, Marie e John são pacientes com uma Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) de baixa gravidade. Segundo a Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (2004), esta enfermidade respiratória foi a quinta maior causa de internamento no sistema público de saúde do Brasil no ano de 2003, em maiores de 40 anos, com 196.698 internações e gasto aproximado de 72 milhões de reais, e estes números vêm crescendo desde então.

O casal pode realizar tarefas diárias normalmente, sendo incentivada pelo médico a prática de exercícios regulares, além da manutenção do peso corporal. No entanto, eles necessitam de monitoramento médico constante para acompanhamento do nível da saturação de oxigênio, por questões de segurança relacionadas à sua condição clínica.

A queda acentuada destes níveis pode resultar em complicações mais graves de saúde, comprometimento das atividades, internação hospitalar, longo tempo de tratamento e recuperação e, conseqüentemente, maiores custos. Aliado a este fator de risco, John possui distúrbio auditivo, Marie tem problemas de visão e ambos apresentam amnésia branda. Estes detalhes devem ser considerados durante a implementação de serviços que os auxiliem através de notificações sobre suas tarefas.

Na casa onde vivem os idosos foi implementado um sistema sensível ao contexto, com características pervasivas. Sensores monitoram mudanças no ambiente à procura de situações que caracterizem cenários relacionados ao tratamento de saúde do paciente. Este ambiente *homecare* conta, também, com diversos dispositivos computacionais inteligentes como *tablets*, *PDA*s, *smartphones* pessoais dos idosos e profissionais, *smartTV*s, um distribuidor automático de

medicamentos e um medidor de saturação de oxigênio. O robô *Rulian*, proposto neste trabalho, também está presente na casa e está em constante comunicação com o restante da infraestrutura computacional do ambiente. Ele é o responsável por apresentar lembretes, orientar atividades físicas e/ ou cognitivas, servir como interface de comunicação com médico e como alternativa de entretenimento.

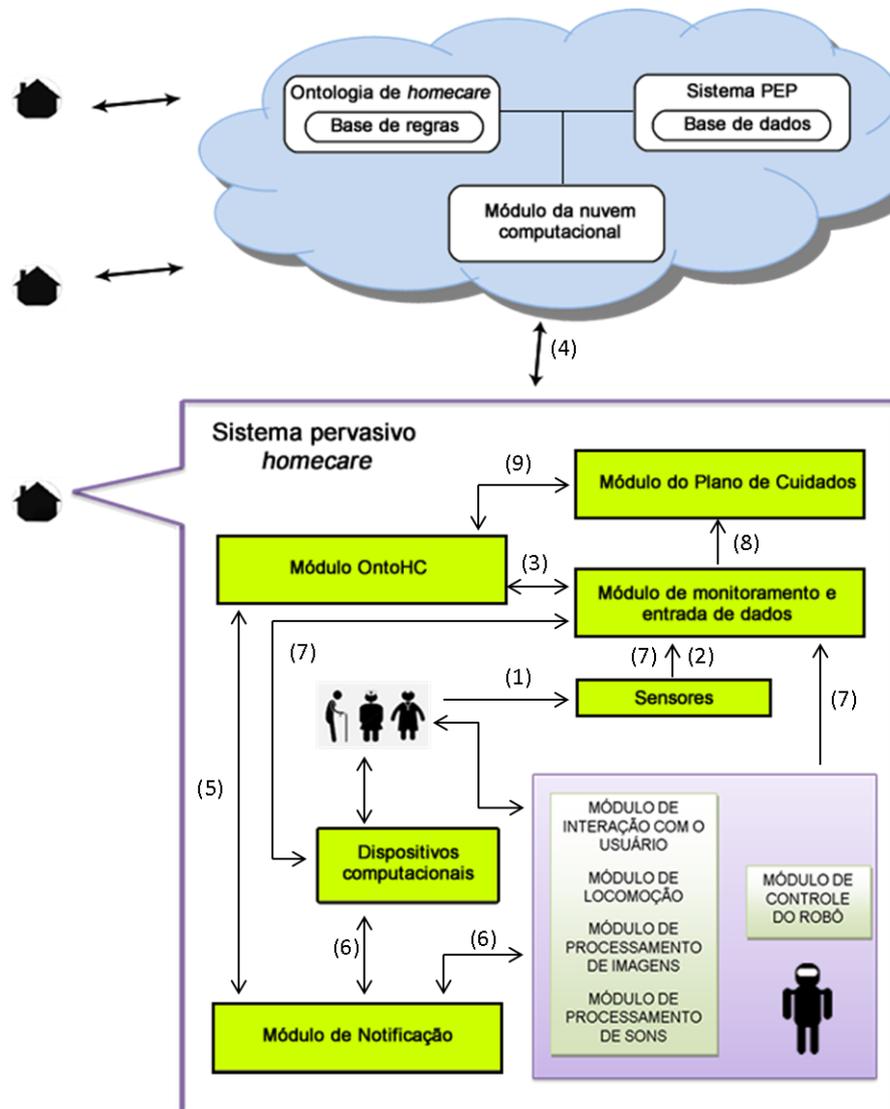


Figura 19: Fluxo de funcionamento do sistema pervasivo

Uma cuidadora de idosos, Nancy, está presente durante três dias intercalados na semana e é responsável por criar e gerenciar os serviços de *homecare* instalados na casa. Isso inclui configurar horários de administração de remédios conforme posologia prescrita pela equipe médica e definir horários de realização de tarefas, considerando o cotidiano dos pacientes.

As trocas de informações entre os módulos do sistema pervasivo foram enumeradas de acordo com o fluxo de funcionamento do sistema (Figura 19) com o objetivo de auxiliar no detalhamento das atividades definidas dentro do estudo de caso. As atividades relacionadas ao estudo de caso descritas a seguir utilizam a numeração apresentada nesta figura.

## **8.2 Atividade 1: monitoramento de nível de saturação de oxigênio.**

Atualmente existem no mercado diversos tipos de dispositivos com sensores capazes de monitorar o nível de hemoglobina saturada com oxigênio de pacientes. Tais dispositivos garantem que, caso aconteça uma variação fora dos limites pré-estabelecidos, responsáveis sejam notificados e ações adequadas sejam tomadas visando minimizar consequências negativas relacionadas à saúde de pacientes. Considerando isso e o cenário proposto, John e Marie devem ser monitorados constantemente quanto ao nível de saturação de oxigênio. Caso seja detectado um valor fora dos parâmetros estabelecidos ou se o monitoramento é interrompido por um motivo qualquer (por exemplo, quando deixam a casa e esquecem-se do dispositivo) um alerta é enviado para o provedor de serviços de saúde destes pacientes.

Para este cenário definiu-se, hipoteticamente, que entre as atividades regulares autorizadas pela equipe médica para John está uma série de alongamentos e atividades físicas sem necessidade de sair de casa. Considerando seu cotidiano, o paciente prefere realizar os exercícios físicos sempre às 8 horas da manhã. Deve-se salientar que seu nível de saturação de oxigênio deve ser controlado, esteja ele em casa ou na rua. Desta forma, sempre que John sai de casa, deve lembrar-se de levar o dispositivo de monitoramento.

Ao iniciar suas atividades sem o aparelho de monitoramento, os sensores do ambiente detectam alterações relacionadas ao dispositivo de monitoramento de saturação de oxigênio (1). Os sinais detectados pelos mesmos são enviados para o módulo de monitoramento de entrada de dados (2). O envio das informações é realizado através de arquivos com a estrutura do documento *sensor.xml*, conforme os códigos a seguir:

```

<!--arquivo referente ao sensor de saturação de oxigênio>
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<sensor>
    <id>SR3344</id>
    <info>Oxi001</info>
    <tipo>Sensor</tipo>
</sensor>

<!--arquivo referente à entidade Paciente-->
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<sensor>
    <id>SR3338</id>
    <info>PC001</info>
    <tipo>Paciente</tipo>
</sensor>

<!--arquivo referente ao robô Rulian-->
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<sensor>
    <id>SR3380</id>
    <info>RB001</info>
    <tipo>DispComp</tipo>
</sensor>

```

A partir dos códigos acima se pode verificar que um arquivo XML é gerado para cada entidade relevante no contexto. Neste caso, um para o sensor que monitora a saturação de oxigênio, um para o paciente John e um terceiro para o robô *Rulian*. No módulo de monitoramento e entrada de dados, os códigos das informações de contexto (situação do medidor, paciente e demais instâncias) são inseridas no documento *classe.xml* para então serem enviada ao módulo do OntoHC (3). Este módulo irá verificar se as instâncias do contexto já estão mapeadas na ontologia de contexto atual. Caso não estejam, a ontologia atual é enviada para o repositório e uma nova é solicitada junto à nuvem computacional (4). A verificação das instâncias necessárias para a nova ontologia é feita através dos códigos identificadores do documento *classe.xml* recebido do módulo de monitoramento e entrada de dados que será enviado para a nuvem e cuja estrutura é apresentada no código abaixo.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<classe>
  <id class="Sensor">Oxi001</id>
  <id class="Paciente">PC001</id>
  <id class="DispComp">RB001</id>
</classe>
```

Com estas informações a nuvem computacional gera uma nova ontologia utilizando XML com todos os atributos e relacionamentos que envolvem as instâncias destas três classes e envia de volta para o módulo OntoHC para que seja usada como ontologia de contexto atual. Com a ontologia e informações atualizadas de suas instâncias, o módulo OntoHC acessa a base de regras e consultas e verifica que existe uma relação entre as instâncias das classes *Sensor (Oxi001)* e *Paciente (PC001)* através da propriedade de objeto *Monitora\_Saturacao\_Oxigenio*, cujo valor está nulo. Este cenário caracteriza uma situação em que o paciente não está utilizando o dispositivo de monitoramento de saturação de oxigênio. Neste momento, o sistema se comunica com o módulo de notificação (5) enviando o documento *dispComp.xml* com a estrutura do código a seguir.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<dispComp>
  <id>RB001</id>
  <usuario>PC001</usuario>
  <classe>Paciente</classe>
  <tarefa>MNT012</tarefa>
  <parametro>
    <tipo>saturacao_oxigenio</tipo>
    <info>NULL</info>
  </parametro>
</dispComp>
```

No módulo de notificação, o sistema verifica o conteúdo da *tag id*, que se refere ao dispositivo computacional que irá interagir com o paciente, e dispara uma aplicação através do mesmo. Neste caso será utilizado o robô *Rulian* para executar o serviço adequado (6). Este serviço pode referir-se a uma notificação ao provedor de serviços informando que o nível de saturação de oxigênio está fora do intervalo normal ou um alerta ao paciente lembrando-o de conectar-se ao oxímetro.

Este alerta é realizado conforme personalização previamente configurada, onde aspectos como volume, cores e tons de voz são levados em consideração. Ao receber a notificação solicitando a conexão ao oxímetro, John apura sua medição de saturação de oxigênio e realiza sua tarefa, enquanto o robô *Rulian* envia uma notificação ao módulo de monitoramento e entrada de dados (7). Após detectar que o paciente finalizou suas atividades físicas, os dispositivos avisam módulo de monitoramento e entrada de dados (7), que por sua vez atualiza o plano de cuidados (8). Ao enviar a confirmação da execução da atividade para o módulo OntoHC (9), o ciclo de uma notificação é encerrado com sucesso.

A partir do cenário proposto pode-se concluir que a utilização de um sistema pervasivo para ambientes *homecare* implementado juntamente com o robô *Rulian* proposto neste trabalho pode auxiliar pacientes que apesar de não possuírem grandes limitações, devem possuir um monitoramento do seu estado de saúde. A interação entre usuários do sistema e o robô, bem como outros dispositivos deve ser harmoniosa, uma vez que muitos poderão apresentar dificuldades na utilização de novas tecnologias.

### **8.3 Atividade 2: tomar os medicamentos no horário correto**

Para a apresentação deste cenário, assume-se que, após uma alteração no estado de saúde de Marie, a equipe médica decidiu alterar a posologia de alguns remédios. A cuidadora Nancy já realizou a reconfiguração de tais posologias no sistema pervasivo e novos remédios já foram inseridos no *dispenser*. Apesar de ser avisada pelos médicos sobre as alterações de horário de medicação, Marie esqueceu-se de tomar seu remédio no novo horário prescrito, às 16 horas, pois está concentrada em outras atividades rotineiras na sala de sua casa.

Os sensores realizam varreduras no ambiente, captam informações de contexto (1) e enviam através de documentos XML para o módulo de monitoramento e entrada de informações (2). A estrutura dos arquivos *sensor.xml* é apresentada a seguir:

```

<!--arquivo referente ao medicamento>
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<sensor>
    <id>SR1234</id>
    <info>16:00</info>
    <tipo>Horario</tipo>
</sensor>

<!--arquivo referente à entidade Paciente-->
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<sensor>
    <id>SR3308</id>
    <info>PC002</info>
    <tipo>Paciente</tipo>
</sensor>

<!--arquivo referente ao robô Rulian-->
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<sensor>
    <id>SR3338</id>
    <info>RB001</info>
    <tipo>DispComp</tipo>
</sensor>

```

Neste momento o sistema pervasivo verifica as instâncias das entidades detectadas e gera um novo arquivo XML com seus códigos identificadores e o envia para o módulo OntoHC para que seja manipulado (3). A estrutura do documento *classe.xml* é apresentada a seguir:

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<classe>
    <id class="Horario">16:00</id>
    <id class="Paciente">PC002</id>
    <id class="DispComp">RB001</id>
</classe>

```

Neste módulo serão verificadas possíveis tarefas, atividades ou serviços que possam ser executados para auxiliar a paciente Marie. Após certificar-se que as instâncias detectadas estão na ontologia de contexto atual, o OntoHC inicia uma

comunicação com o módulo de plano de cuidados (9) procurando dados relacionados ao tratamento de saúde, considerando as informações recebidas do módulo de monitoramento e entrada de dados. Neste momento o sistema detecta que existe um medicamento a ser tomado por Marie naquele horário e essa informação é enviada para o módulo OntoHC (9). Este por sua vez, acessa sua base de regras e consultas OWL e verifica que o atributo *administrado*, do medicamento em questão, possui o valor *false*. Isto significa que existe um medicamento para ser administrado por Marie naquele horário.

Com base nestas informações o módulo OntoHC gera um arquivo XML e envia para o módulo de notificação (5). A estrutura do documento *dispComp.xml* para este caso é apresentada a seguir:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<dispComp>
  <id>RB001</id>
  <usuario>PC002</usuario>
  <classe>Paciente</classe>
  <tarefa>Med16</tarefa>
  <parametro>
    <tipo>administrado</tipo>
    <info>false</info>
  </parametro>
</dispComp>
```

O módulo de notificação acessa este documento e verifica o *id* do dispositivo computacional que será usado para alertar o paciente de tomar o remédio. Neste caso o responsável será o robô *Rulian* (6). Após isso, *Rulian* emite um aviso para que Marie tome seu medicamento sem grande atraso. Depois de detectar a ingestão do remédio, o robô notifica o módulo de monitoramento e entrada de dados (7) que, por sua vez, atualiza o módulo de plano de cuidados (8) com a informação de que o remédio foi administrado.

## 8.4 Resultados

Com base no estudo de caso apresentado, pode-se concluir que:

- A utilização do robô auxilia no cuidado de pacientes, complementando a atenção dos cuidadores.
- A aceitabilidade da ferramenta é facilitada pelo uso de agentes computacionais personalizados pelos próprios pacientes/usuários.
- O robô é uma ferramenta de comunicação eficiente, realizando ligações, telecomunicação entre pacientes e médicos, ou outras pessoas.
- O robô é uma interface importante entre o ambiente pervasivo e os pacientes/usuários, personificando o uso das tecnologias e aumentando a usabilidade para classes etárias mais avançadas, pessoas com dificuldade de manipulação ou entendimento.

## 8.5 Sumário do capítulo

Este capítulo apresentou um estudo de caso, exemplificando a atuação do robô *Rulian* em conjunto com o ambiente pervasivo em duas situações reais, nas quais se buscou auxiliar um casal de idosos, que necessita de acompanhamento constante, para o desenvolvimento das atividades diárias.

## 9 CONCLUSÃO

A crescente demanda por atendimentos médicos especializados, o aumento da expectativa de vida, aliado aos problemas enfrentados com os serviços de saúde pública, requerem medidas urgentes para atender às necessidades da população. O desenvolvimento de tecnologias voltadas para a área da saúde é de interesse público e privado. Uma alternativa para minimizar problemas de longa espera por atendimento de saúde em hospitais está à realização do tratamento médico diretamente na casa do paciente. Para isso deve-se implantar uma infraestrutura adequada na casa do paciente, possibilitando que receba tratamentos nas mesmas condições que teria em hospitais. Este tipo de tratamento possui vantagens econômicas, uma vez que o custo do tratamento tende a diminuir, e sociais, considerando que o paciente passa mais tempo em um ambiente familiar.

O desenvolvimento de novas tecnologias computacionais para a saúde vem permitindo que, aos poucos, a realização de tratamentos clínicos em ambientes *homecare* se torne uma realidade consolidada. Porém, este processo é complexo, pois busca a integração de ferramentas capazes de ampliar o monitoramento sobre os usuários, realizar um cuidado personalizado, permitir ou auxiliar a execução de tarefas cotidianas, acelerar a recuperação e facilitar à retomada da vida normal.

A robótica apresenta-se como uma das áreas da computação mais promissoras para o desenvolvimento de serviços voltados para ambientes *homecare*, com grande potencial a ser explorado. Além disso, tal área pode ser diretamente relacionada à computação pervasiva e ubíqua, também consideradas essenciais para a caracterização de ambientes *homecare*.

Diante deste contexto, o presente projeto apresentou uma proposta de inserção de um robô móvel em um ambiente *homecare* pervasivo. Para isso, apresentou-se uma arquitetura a ser utilizada no desenvolvimento de sistemas pervasivos. Tais sistemas serão capazes de monitorar o paciente/usuário, tomando ciência do contexto e atuando a partir das informações coletadas. Além da arquitetura, definiu-se também uma ontologia para a representação do conhecimento existente na casa do paciente, bem como um conjunto de regras de inferências e consultas a ela, fundamentais para a implantação de um ambiente pervasivo. Para a validação da arquitetura proposta, definiu-se um caso de estudo

englobando dois cenários distintos, a fim de verificar o fluxo de funcionamento dos módulos e das informações que trafegam pelo sistema.

Sabendo-se que existem pessoas que apresentam dificuldades de aceitação e utilização de recursos tecnológicos, bem como de lidar com tecnologias como ambientes inteligentes, uma interface de interação entre robô e usuário foi criada. Esta interface buscou tornar a interação mais natural, permitindo uma utilização intuitiva desta ferramenta. Identificou-se que a combinação de ambas as tecnologias, ambiente pervasivo e o robô, pode ser utilizada como uma estratégia no tratamento de pacientes/usuários em *homecare*.

Como continuação do projeto, pretende-se realizar a manutenção constante da ontologia que representa o ambiente. Além disso, pretende-se definir novas regras de inferência, enriquecendo assim, o poder de processamento autônomo do robô *Rulian*, bem como de todo o sistema pervasivo. Pretende-se também verificar a possibilidade da construção de um ambiente *homecare* real, com um sistema pervasivo e um robô para a realização de testes simulados. Isso permitirá um detalhamento maior do funcionamento de um sistema desenvolvido a partir da arquitetura proposta.

Por fim, acredita-se que os resultados alcançados ao final da pesquisa poderão vir a contribuir para a comunidade científica no desenvolvimento de tais aplicações, bem como os demais trabalhos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa do Programa de Pós Graduação em Informática da Universidade Federal de Santa Maria.

## REFERÊNCIAS

- ANDRIST, S.; MUTLU, B.; GLEICHER, M. **Conversational Gaze Aversion for Virtual Agents**. Lecture Notes in Computer Science: v. 8108, p. 249-262, 2013. Disponível em: <https://graphics.cs.wisc.edu/Papers/2013/AMG13/AMG13.pdf>
- ARAUJO, R. B. **Computação Ubíqua: Princípios, Tecnologias e Desafios**. XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. 2003.
- BASTIANI, E. **Uma abordagem para um ambiente pervasivo voltado ao cuidado de pacientes com demência em ambientes de *homecare***. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Informática. Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2013.
- BISWAS, K. K.; BASU, S. K. **Gesture Recognition using Microsoft Kinect®**. Proceedings of the 5th International Conference on Automation, Robotics and Applications, Wellington, New Zealand: p. 6-8, 2011.
- BLACKBURN, S. **Consultoria da edição brasileira**. In: MARCONDES, D. Dicionário Oxford de Filosofia. Tradução D. Murchoet *al.* Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.
- BOCK, C.; FOKOUE, A.; HAASE, P.; HOEKSTRA, R.; HORROCKS, I.; RUTTENBERG, A. S.; SATTLER, U.; SMITH, M. **OWL 2 Web Ontology Language Structural Specification and Functional-Style Syntax**. Ed.: MOTIK, B.; PATEL-SCHNEIDER, P. F.; PARSIA, B. W3C Recommendation 11 December 2012. Second Edition. Disponível em: <[http://www.w3.org/TR/owl2-syntax/#Object\\_Property\\_Axioms](http://www.w3.org/TR/owl2-syntax/#Object_Property_Axioms)>
- BORST, W. N. **Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse**. Tese de Doutorado, 1997.
- CESTA, A.; BAHADORI, S.; CORTELLESA, G.; GRISSETTI, G.; GIULIANI, M. V.; IOCCHI, L.; LEONE, G. R.; NARDI, D.; ODDI, A.; PECORA, F.; RASCONI, R.; SAGGESE, A.; SCOPELLITI, M. **The RoboCare project cognitive systems for the care of the elderly**. In Proceedings of International Conference on Aging, Disability and Independence (ICADI), 2003.
- CHEN, G.; KOTZ, D. **A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research**. Department. of Computer Science, Dartmouth College. 2000.
- CHEN, H. **An Intelligent Broker Architecture for Pervasive Context-Aware Systems**. Dissertation (Doctor of Philosophy). University of Maryland, Baltimore. 121 p. 2004.
- CHEW, S.; TAY, W.; SMIT, D.; BARTNECK, C. **Do Social Robots Walk or Roll?** ICSR 2010, LNAI 6414, p. 355-361, 2010.

DAHL, T. S.; BOULOS, M. N. K. **Review Robots in Health and Social Care: A Complementary Technology to Home Care and Telehealthcare?** *Robotics*: v. 3, p. 1-21, 2013.

DEY, A.; ABOWD, G. **Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness.** Workshop on the what, who, where, when and how of context-awareness at CHI [S.I.], 2000.

DISSANAYAKE, G. M. W. M.; NEWMAN, P. CLARK, S.; DURRANT-WHYTE, H. F.; CSORBA, M. **A Solution to the *Simultaneous Localization and Map Building (SLAM)* Problem.** *IEEE Transactions on Robotics and Automation*: v. 17, n. 3, 2001.

FEX, A.; EK, A. C.; SÖDERHAMN, O. **Self-care among persons using advanced medical technology at home.** *Journal of Clinical Nursing*: v. 18, p. 2809–2817. 2009.

FREITAS, L. O. **Uma metodologia para assistir pacientes em ambientes *Homecare* pervasivos.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Informática, RS, 2011.

GEORGOULAS, C.; RAZA, A.; GÜTTLER, J.; LINNER, T.; BOCK, T. **Home Environment Interaction via Service Robots and the Leap Motion Controller.** The 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC). 2014.

GOETZE, S.; FISCHER, S.; MORITZ, N.; APPELL, J. E.; WALLHO, F. **Multimodal Human-Machine Interaction for Service Robots in Home-Care Environments.** Proceedings of the 1st Workshop on Speech and Multimodal Interaction in Assistive Environments, pages 1–7, Jeju, Republic of Korea, 8-14, July, 2012.

GRUBER, T. R. **Ontologia: A Mechanism to Support Portable Ontologies.** Knowledge Systems Laboratory, Technical Report KSL 91-66, Stanford University, 1992.

GRUBER, T. R. **Towards Principles for the Design of Ontologies Used for knowledge Sharing.** International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications: v. 43, 1993.

GUARINO, N. **Formal Ontology and Information Systems.** Proceedings of the 1st International Conference on Formal Ontologies in Information Systems. 1998.

GUARINO, N.; CARRARA, M.; GIARETTA, P. **Formalizing ontological commitments.** In: Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence (Vol. 1). Menlo Park, CA, USA: American Association for Artificial Intelligence, p. 560–567. 1994. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=199288.199324>>.

GUARINO, N.; CARRARA, M.; GIARETTA, P. **An ontology of meta-level categories.** In: DOYLE, J.; SANDEWALL, E.; TORASSO, P. (Ed.). KR'94: Principles

of Knowledge Representation and Reasoning. San Francisco, California: Morgan Kaufmann, p. 270–280. 1994. Disponível em: <citeseer.ist.psu.edu/article/guarino94ontology.html>.

HORROCKS, I.; PATEL-SCHNEIDER, P. F.; BOLEY, H.; TABET, S.; GROSOFF, B.; DEAN, M. **SWRL: a semantic web rule language combining OWL and RuleML**. [S.l.]: DARPA DAML Program, 2004. Draft Version, <http://www.daml.org/rules/proposal/>.

LINNER, T.; KRANZ, M.; ROALTER, L.; BOCK, T. **Robotic and Ubiquitous Technologies for Welfare Habitat**. Journal of Habitat Engineering: v. 3, n. 1, p. 101-110. 2011.

LINNER, T., PAN, W., GEORGOULAS, C., GEORGESCU, B., GÜTTLER, J., BOCK, T. **Co-adaptation of robot systems, processes and in-house environments for professional care assistance in an ageing society**. Creative Construction Conference. 2014.

LOPES, J. L. B. **EXEHDA-ON: Uma Abordagem Baseada em Ontologias para Sensibilidade ao Contexto na Computação Pervasiva**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Informática. Universidade Católica de Pelotas, RS. 2008.

LIU, W.; LI, X.; HUANG, D. **"A survey on context awareness"**. Computer Science and Service System (CSSS), International Conference on: p. 144-147, June, 2011.

MCGEE-LENNON, M. R. **Requirements engineering for home care technology**. In: Proceeding of the twenty-sixth annual sigchi conference on human factors in computing systems, 2008, New York, NY, USA. Anais. ACM, p.1439–1442. 2008.

MENDEZ, I.; JONG, M.; KEAYS-WHITE D.; TURNER G. **The use of remote presence for health care delivery in a northern Inuit community: a feasibility study**. International Journal of Circumpolar Health. 2013.

MICHAUD, F.; BOISSY, P.; LABONTÉ, D.; BRIÈRE, S.; PERREAULT, K.; CORRIVEAU, H.; GRANT, A.; LAURIA, M.; CLOUTIER, R.; ROUX, M. A.; IANNUZZI, D.; ROYER, M. P.; FERLAND, F.; POMERLEAU, F.; LÉTOURNEAU, D. **Exploratory design and evaluation of a homecare teleassistive mobile robotic system**. Mechatronics: v. 20, p.751–766, 2010.

MORITZ, N.; GOETZE, S.; APPELL, J.-E. **Ambient Voice Control for a Personal Activity and Household Assistant**. In Wichert, R. and Eberhardt, B.; editors, *Ambient Assisted Living - Advanced Technologies and Societal Change*, Springer Lecture Notes in Computer Science (LNCS), number 978-3-642-18166- 5, p. 63–74. Springer Science, January. 2011.

MOSCHETTA, E. **Orientação a objetos aplicada à computação pervasiva**. I Congresso Simulado de Técnicas de Programação (CONSIPRO). 2006.

MUNCK, B.; SANDGREN, A.; FRIDLUND, B.; MARTENSSON, J. **Next-of-kin's conceptions of medical technology in palliative homecare.** *Journal of Clinical Nursing*: v. 21, p. 1868-1877. 2012.

NUNES, L. D. **Sistema de Consulta de Informações de Contexto para apoio a Adaptação de Aplicações Pervasivas.** Trabalho acadêmico. Curso de Bacharelado em Ciência da Computação. Universidade Federal de Pelotas, RS. 78 p. 2008.

POLLACK, M. E.; BROWN, L.; COLBRY, D.; OROSZ, C.; PEINTNER, B.; RAMAKRISHNAN, S.; ENGBERG, S.; MATTHEWS, J. T.; DUNBAR-JACOB, J.; MCCARTHY, C. E.; THRUN, S.; MONTEMERLO, M.; PINEAU, J.; ROY, N. Pearl: **A Mobile Robotic Assistant for the Elderly.** Workshop on Automation as Eldercare. 2002.

REISER, U.; JACOBS, T.; ARBEITER, G.; PARLITZ, C.; DAUTENHAHN, K. **Care-O-bot® 3: vision of a robot butler.** In *Your Virtual Butler*, Robert Trapp (Ed.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg: p. 97-116. 2013.

SAHA, D.; MUKHERJEE, A. **Pervasive Computing: a Paradigm for the 21st Century.** In *IEEE Computer Society*, New York: v. 36, p. 25–31. 2003.

SATYANARAYANAN, M. **Pervasive Computing: Vision and Challenges.** *IEEE Personal Communications*, New York. 2001

SCHREIBER *et al.* **Knowledge Engineering and Management.** In: JÚNIOR, O. G. F. Um modelo de sistema de gestão do conhecimento para grupos de pesquisa de desenvolvimento. Tese (Doutorado). Programa de pós-graduação em engenharia da produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA. **“Caracterização da Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) – Definição, Epidemiologia, Diagnóstico e Estadiamento”.** *Jornal Brasileiro de Pneumologia*: v. 30 (5), p. 1-5, Novembro, 2004.

TSAI, T. C.; HSU, Y. L.; MA, A.; KING, T.; WU, C. H. **Developing a Telepresence Robot for Interpersonal Communication with the Elderly in a Home Environment.** *Telemedicine and e-Health*: v. 13, n. 4, p. 407-424. August, 2007.

WEISER, M. **The Computer of the 21st Century.** *Scientific American*: New York, 1991.

YAMIN, A. **Arquitetura para um Ambiente de Grade Computacional Direcionado às Aplicações Distribuídas, Móveis e Conscientes do Contexto da Computação Pervasiva.** Tese (Doutorado). Programa de pós-graduação em computação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 195 p. 2004.

ZARGHAMI, A.; ESLAMI, M. Z.; SAPKOTA, B.; SINDEREN, M. **Toward dynamic service provisioning in the homecare domain.** *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, 5th International Conference on: p. 292 - 299, 2011.