

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS
CENTRO POLITÉCNICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

**uMED: Uma Arquitetura para
Desenvolvimento de Software
Direcionada à Medicina Ubíqua**

por
Sérgio Luis Rodrigues

Relatório de Conclusão da Disciplina
Dissertação de Mestrado I

Orientador: Prof. Dr. Adenauer Corrêa Yamin

Pelotas, julho de 2010

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a minha família pois sem eles nada seria possível.

Agradeço a meu Orientador Prof. Dr. Adenauer Corrêa Yamin, por sua dedicação, amizade e por sua orientação.

Ao Instituto Federal Sul-Rio-Grandense pelo incentivo e apoio investidos em mim.

Agradeço aos colegas do PPGINF que me receberam muito bem e caminham comigo neste percurso. Aos funcionários e professores do Centro Politécnico da Universidade Católica de Pelotas pela seriedade e compromisso.

*Se um dia tiver que escolher entre o mundo e o amor...
Lembre-se. Se escolher o mundo ficará sem o amor, mas se
escolher o amor com ele você conquistará o mundo.*

— ALBERT EINSTEIN

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	8
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Tema	13
1.2 Contexto de Pesquisa	14
1.2.1 Projeto PERTMED	14
1.2.2 Middleware EXEHDA	14
1.3 Motivação	15
1.4 Objetivos	16
1.5 Estrutura do texto	17
2 COMPUTAÇÃO UBÍQUA	18
2.1 Características da Computação Ubíqua	20
2.2 Cenários em Computação Ubíqua	21
2.3 Tendências em Computação Ubíqua	23
2.4 Considerações sobre o Capítulo	24
3 MEDICINA UBÍQUA: IDENTIFICANDO FUNDAMENTOS E TECNOLOGIAS	25
3.1 O Ambiente de Medicina Ubíqua	26
3.1.1 Hospital do Futuro: Idéias e Conceitos	27
3.1.2 Dispositivos Interativos em Ambientes Hospitalares	28
3.1.3 Contribuições para Área da Saúde	29
3.2 Telemedicina e Medicina Ubíqua: Revisando Conceitos	30
3.3 Medicina Ubíqua: Principais Aspectos de Estudo e Pesquisa	31
3.3.1 Caso 1 - Suporte à Mobilidade	31
3.3.2 Caso 2 - Suporte à Heterogeneidade	32
3.3.3 Caso 3 - Suporte à Ética Médica	34
3.3.4 Exemplo de um Middleware na Área da Saúde	34
3.4 Considerações sobre o Capítulo	35

4	PROJETOS DE MEDICINA UBÍQUA: SISTEMATIZANDO SUAS CARACTERÍSTICAS	36
4.1	Projeto PERTMED	36
4.2	Projeto ABC	39
4.3	Projeto Awareness	42
4.4	Projeto UbiDoctor	43
4.5	Projeto ClinicSpace	47
4.6	Síntese de Trabalhos Relacionados	49
4.7	Considerações sobre o Capítulo	51
5	MIDDLEWARE EXEHDA	52
5.1	Aspectos Funcionais e Arquiteturais	52
5.1.1	Premissas de Pesquisa do EXEHDA	52
5.1.2	Organização do EXEHDA	54
5.1.3	Subsistemas do EXEHDA	58
5.2	EXEHDA-SS: Principais Características	59
5.3	Considerações sobre o Capítulo	62
6	UMED: CONCEPÇÃO E MODELAGEM	63
6.1	Arquitetura de Software do uMED	63
6.1.1	uMED: Principais Gerentes	64
6.2	Considerações sobre o Capítulo	71
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
7.1	Publicações Realizadas	73
7.2	Cronograma de Atividades	73
	REFERÊNCIAS	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Computação Ubíqua (SAHA; MUKHERJEE, 2003)	19
Figura 2.2	Framework para Computação Ubíqua (adaptada de (SAHA; MUKHERJEE, 2003))	19
Figura 3.1	Dispositivos Interativos (BARDRAM; CHRISTENSEN, 2007)	29
Figura 3.2	Arquitetura do CodeBlue (LORINCZ, 2004)	35
Figura 4.1	O Núcleo do Middleware ABC (PEDERSEN; MOGENSEN; BARDRAM, 2006)	40
Figura 4.2	Arquitetura do Projeto ABC (BARDRAM; CHRISTENSEN, 2007)	41
Figura 4.3	Camadas do Awareness (adaptada de (WEGDAM, 2005))	43
Figura 4.4	Arquitetura do Protótipo UHSys (DINIZ, 2009)	45
Figura 4.5	Arquitetura de Serviços UbiDoctor (DINIZ, 2009)	46
Figura 4.6	Protótipo do ClinicSpace (SILVA, 2010)	47
Figura 4.7	Arquitetura para Programação e Gerenciamento de Tarefas (SILVA, 2010)	48
Figura 5.1	Arquitetura de Software do Middleware EXEHDA (YAMIN, 2004)	55
Figura 5.2	Ambiente Ubíquo Suprido pelo EXEHDA (YAMIN, 2004)	56
Figura 5.3	Organização dos Subsistemas do EXEHDA (YAMIN, 2004)	57
Figura 5.4	Organização do Núcleo do EXEHDA (YAMIN, 2004)	58
Figura 5.5	Classes da OntContext (VENECIAN, 2010)	62
Figura 6.1	Arquitetura de Software Proposta para uMED	64
Figura 6.2	Fluxo de Informações para o Gerente de Borda	65
Figura 6.3	Exemplo de Configuração do Arquivo <code>SensorConfiguracao</code>	67
Figura 6.4	Exemplo de Configuração do Arquivo <code>AtuadorConfiguracao</code>	67
Figura 6.5	Vista Expandida do Gerente de Borda	68
Figura 6.6	Fluxo do Motor de Inferência do EXEHDA-SS (VENECIAN, 2010)	70
Figura 6.7	Exemplo de Notificação às Aplicações (VENECIAN, 2010)	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Síntese de Trabalhos Relacionados	50
------------	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	Activity-Based Computing
ATA	American Telemedicine Association
AVU	Ambiente Virtual do Usuário
BAN	Body Area Network
BDA	Base de Dados Ubíqua das Aplicações
CFM	Conselho Federal de Medicina
CIB	Cell Information Base
DC	Dynamic Configurator
EXEHDA	Execution Environment for High Distributed Applications
GMob	Grupo de Sistemas em Computação Móvel
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
G3PD	Grupo de Pesquisa em Processamento Paralelo e Distribuído
ISAM	Infraestrutura de Suporte à Aplicações Móveis
JME	Java Micro Edition
NASA	National Air and Space Agency
OMS	Organização Mundial de Saúde
OWL	Web Ontology Language
OX	Objeto eXehda
PEP	Prontuário Eletrônico do Paciente
P2P	Peer-to-Peer
PPGINF	Programa de Pós-graduação em Informática
PDA	Personal Digital Assistant
RA	Repositório de Aplicações
RCN	Repositório de Contextos Notificados

RIC	Repositório de Informações Contextuais
RPC	Remote Procedure Call
SGDT	Subsistema de Gerenciamento Distribuído de Tarefas
SMS	Short Message Service
UbiComp	Computação Ubíqua
UCPeL	Universidade Católica de Pelotas
UFPeL	Universidade Federal de Pelotas
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UML	Unified Modeling Language
UHS	Ubiquitous Health Service
UHSys	Ubiquitous Health System
WEB	World Wide Web
W3C	World Wide Web Consortium
XML	eXtensible Markup Language

RESUMO

A medicina ubíqua tem como premissa disponibilizar serviços de saúde a qualquer hora, sem restrições de localização potencializando a mobilidade de médicos, enfermeiros e outros profissionais de saúde. Estes profissionais necessitam de ferramentas de entrega e de acesso a informações tanto no local onde encontra-se o paciente, como não. O objetivo central deste trabalho é propor uma infraestrutura de *software* que integre sensores e dispositivos computacionais tanto móveis quanto fixos, em um ambiente ubíquo, oferecendo serviço de sensibilidade ao contexto.

Esta arquitetura denominada uMED, e suas respectivas aplicações alvo irão contemplar o monitoramento de sinais vitais de pacientes considerando um ambiente típico de trabalho das equipes que atuam em urgências médicas. É também prevista a possibilidade dos profissionais de saúde controlarem à distância (atuação) equipamentos médicos, tem-se como premissa que isto permitirá possibilidade de atuação remota em equipamentos médicos, isso permitirá uma melhora no aproveitamento do tempo pelos profissionais de saúde, considerando o seu elevado percentual de nomadismo e fragmentação de atividades. A arquitetura do uMED está sendo concebida com a perspectiva de ser integrada ao *middleware* EXEHDA.

Palavras-chave: Medicina Ubíqua, Computação Ubíqua, Sensibilidade ao Contexto, Aplicações em Saúde.

TITLE: “UMED: AN ARCHITECTURE FOR SOFTWARE DEVELOPMENT TARGETED TO UBIQUITOUS MEDICINE”

ABSTRACT

The ubiquitous medicine is premised on providing health services at any time, without restriction of location enhancing the mobility of doctors, nurses and other health professionals. These professionals need tools for delivery and access to information both at the place where you will find the patient, or not. The aim of this paper is to propose a software infrastructure that integrates sensors and computing devices both mobile and fixed, in a ubiquitous environment, providing service for sensitivity to context.

This architecture called uMED, and their target applications will include monitoring vital signs of patients considering a typical working environment of staff working in medical emergencies. It is also envisaged the possibility of health professionals to control the distance (acting) medical equipment, has as its premise that this will enable remote possibility of action in medical equipment, this will enable an improved use of time by health professionals, given its high percentage of nomadism and fragmentation of activities. The architecture of uMED is being designed with the prospect of being integrated with middleware EXEHDA.

Keywords: Ubiquitous Medicine, Ubiquitous Computing, Context-Aware, Health Applications.

1 INTRODUÇÃO

As tecnologias mais profunda são aqueles que desaparecem. Elas se itegram no tecido da vida cotidiana, até que são indistinguíveis a partir dele. Resume o visionário “Mark Weiser” (WEISER, 1991) quando da declaração do que se espera da computação pervasiva ou ubíqua: o acesso do usuário ao ambiente computacional, em todos os lugares, todo tempo, por meio de qualquer dispositivo.

Na proposta da computação ubíqua (COSTA; YAMIN; GEYER, 2008) o processamento está distribuído no ambiente através de vários dispositivos, que realizam tarefas bem definidas dependendo de sua natureza, interligados de forma que essa infraestrutura torna-se o mais imperceptível possível para o usuário. Aplicações ubíquas executam em ambientes instrumentados com sensores, geralmente dotados de interfaces de redes sem fio, nos quais dispositivos, agentes de *software* e serviços são integrados de forma transparente e cooperam para atender aos objetivos da aplicação. Essa categoria de aplicações caracteriza-se por constantes mudanças em seu contexto de execução, geradas pelos ambientes altamente dinâmicos em que tipicamente acontece seu processamento.

A computação ubíqua vem conquistando espaços com a disseminação de dispositivos portáteis, sobretudo após a ampliação das tecnologias de redes sem fio. Dessa forma, o uso desta computação tem conduzido a aplicações de diversas áreas do mundo real, onde sua usabilidade nos moldes da computação tradicional não poderia ser tão ampla. Cenários na área médica, podem estender-se a diversas atividades, como telemonitoramento através do uso de sensores de medicina ubíqua, diagnósticos remotos, segunda opinião, juntas médicas, *Home Care* viabilizando a integração de dispositivos móveis como *Personal Digital Assistants* (PDAs), *Tablets*, *Smartphones* com os sistemas de prontuário eletrônico existentes nos hospitais, entre outros cenários, desde residências inteligentes a trabalhos colaborativos (DINIZ, 2009).

Segundo Diniz (DINIZ, 2009) ambientes de medicina ubíqua são aqueles em que facilidades tecnológicas, como dispositivos móveis e redes de comunicação sem fio, trazem novas possibilidades de acesso e interação de seus usuários, como por exemplo, o acesso das informações dos pacientes. Estas informações compõem o Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP), permitindo que dados sobre exames, fatos e situações sobre a saúde de um paciente possam ser acessados através de múltiplos dispositivos e redes heterogêneas. Na medicina ubíqua podem-se realizar acessos a PEPs com informações consolidadas sobre os pacientes de qualquer lugar da rede, permitindo, inclusive, que haja cooperação entre profissionais independentemente do tempo e do espaço.

O PEP surgiu com a resolução do CFM (Conselho Federal de Medicina) Nº 1.821, de 11 de julho de 2007, que aprovou as normas técnicas concernentes à digitalização e uso

dos sistemas informatizados para a guarda e manuseio dos documentos dos prontuários dos pacientes, autorizando a eliminação do papel e a troca de informação identificada em saúde (CFM, 2007).

Como uma das motivações para medicina ubíqua, temos a necessidade que ambientes computacionais ofereçam suporte à mobilidade dos profissionais de saúde, tendo em vista que a mobilidade dos médicos é inerente à própria profissão. Além desse caráter nômade do médico, é importante considerar que a atividade médica é bastante fragmentada (TENTORI; FAVELA, 2008), ou seja, está sujeita a interrupções durante sua execução, uma vez que médicos passam pouco tempo em cada local ou atividade. Dessa forma, mecanismos que facilitem a continuidade de atividades dos profissionais, mesmo em virtude de seus constantes deslocamentos, tendem a melhorar a produtividade dos mesmos (DINIZ, 2009).

Segundo Rodriguez (RODRIGUEZ, 2004) os médicos e colaboradores de hospitais trabalham em constante movimento. O trabalho descrito em (RODRIGUEZ, 2004) também se utiliza desta motivação reafirmando a necessidade de constante mudança de localização por parte destes profissionais em suas atividades diárias.

Ao se construir e executar aplicações para medicina ubíqua, há uma série de funcionalidades que devem ser providas, envolvendo desde a aquisição de informações contextuais, a partir do conjunto de fontes heterogêneas e distribuídas, até a representação dessas informações, seu processamento, armazenamento, e a realização de inferências para seu uso em tomadas de decisão. Em vez dessas funcionalidades ficarem a cargo da aplicação, e deste modo incorporadas ao código do negócio, são utilizadas plataformas ou *middlewares* de provisão de contexto (DINIZ, 2009).

Esse trabalho está inserido nos esforços de pesquisa do projeto PERTMED (PERTMED, 2007) (Sistema de TeleMedicina Móvel), a principal razão desta inserção é o fato da área médica, estar susceptível aos avanços das tecnologias móveis e sem fio, como *Bluetooth*, WiFi, GPRS (*General Packet Radio Service*), os quais somados a popularização dos dispositivos móveis e sem fio, *Smartphone*, PDA, GPS (*Global Positioning System*) e pequenos dispositivos médicos, como *Holters*, entre outros, facilitam a tarefa de monitoramento de pacientes. Infraestruturas de *software* para o gerenciamento dessas informações contextuais necessitam, em geral, coletar uma grande quantidade de informações de diferentes naturezas do ambiente, analisando essas informações como variáveis independentes, ou combiná-las com outras informações do passado ou presente. Além disso, essas aplicações são caracterizadas por apresentarem contextos altamente dinâmicos e variados, com um grande grau de mobilidade dos seus principais atores (médicos, pacientes, técnicos, entre outros).

Na perspectiva de suprir estas funcionalidades, este trabalho tem como objetivo principal propor um *framework* denominado uMED direcionado para demandas da medicina ubíqua.

1.1 Tema

O trabalho proposto tem como tema o desenvolvimento de uma arquitetura de *software* na perspectiva da computação ubíqua direcionada para área da medicina. Os ambientes de medicina ubíqua são aqueles em que facilidades tecnológicas, como dispositivos móveis e redes de comunicação sem fio, trazem novas possibilidades de acesso e interação de seus usuários (médicos, enfermeiros, pacientes, dentre outros) tornando o

serviço mais ágil e abrangendo regiões carentes de serviços médicos.

Outrossim o tema deste trabalho também abrange estudar projetos já existentes na área de medicina ubíqua assim como as soluções utilizadas para solucionar os desafios impostos nesta área. A pesquisa irá culminar com a concepção de um *framework* denominado uMED, no qual visa atender demandas da medicina ubíqua.

1.2 Contexto de Pesquisa

O contexto de pesquisa desta dissertação é composto por dois projetos que serão resumidos a seguir.

1.2.1 Projeto PERTMED

Devido aos constantes avanços tecnológicos o sistema de saúde será favorecido com uso de tecnologias como a da computação ubíqua onde é formado um espaço inteligente (reativo e pró-ativo), onde dispositivos móveis e fixos estão integrados ao ambiente físico (objetos) visando captar informações do meio e transmitir as alterações para sistemas de gerenciamento de informações, os quais tomarão decisões e adaptar-se-ão às situações detectadas, segunda as premissas da computação consciente de contexto.

O projeto PERTMED (PERTMED, 2007) propõe fazer a ligação entre os sistemas automatizados existentes (registro de pacientes, exames laboratoriais, entre outros) e o médico no local em que este se encontra (regiões remotas ou em trânsito, por exemplo). Desta forma, elimina-se a exigência de uma conexão a uma rede fixa ou com um computador pessoal na área do hospital para ter acesso às informações do paciente.

O projeto PERTMED prevê o uso do EXEHDA (*Execution Environment for High Distributed Applications*) como *middleware* direcionado a computação ubíqua. Neste sentido, este trabalho busca atender as demandas do projeto PERTMED através da utilização dos serviços do *middleware* EXEHDA para o desenvolvimento de uma arquitetura para medicina ubíqua denominada uMed.

1.2.2 Middleware EXEHDA

Segundo (YAMIN, 2004) o EXEHDA é um *middleware* adaptativo ao contexto e baseado em serviços que visa criar e gerenciar um ambiente ubíquo, bem como promover a execução, sob este ambiente, das aplicações que expressam a semântica siga-me. Estas aplicações são distribuídas, móveis e adaptativas ao contexto em que seu processamento ocorre, estando disponíveis a todo momento e em qualquer lugar.

O *middleware* EXEHDA faz parte dos esforços de pesquisa do Projeto ISAM (Infraestrutura de Suporte à Aplicações Móveis). O ISAM vem sendo desenvolvido por um consórcio de universidades do sul do Brasil, e foi iniciado na UFRGS sob a coordenação do Prof. Cláudio Geyer (ISAM, 2009).

Afim de prover a elevada flutuação na disponibilidade dos recursos, inerente à computação ubíqua, o EXEHDA é estruturado em um núcleo mínimo e mais os serviços carregados sob demanda. Os principais serviços fornecidos estão organizados em subsistemas que gerenciam: a execução distribuída, a comunicação, o reconhecimento do contexto, a adaptação, o acesso ubíquo aos recursos e serviços, a descoberta de recursos e o gerenciamento de recursos.

Conforme Yamin (YAMIN, 2004) no EXEHDA, 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. O mecanismo de adaptação do EXEHDA emprega uma estratégia colaborativa entre aplicação e ambiente de execução, através da qual é permitido ao programador individualizar políticas de adaptação para reger o comportamento de cada um dos componentes que constituem o *software* da aplicação.

1.3 Motivação

É crescente o uso de Tecnologia de Informação na prestação de serviços de saúde. As atividades de segunda opinião, monitoramento de pacientes, telediagnóstico remoto, entre outras, são atividades desenvolvidas mediante uma infraestrutura de rede, realizadas por profissionais conectados em outro centro médico, via de regra distante da localidade onde o paciente está sendo examinado. Estes cenários tem se mostrado interessantes pois reduzem custos com relação ao deslocamento dos profissionais de saúde e com relação à troca de informações sobre diagnósticos. Todo o histórico de um paciente pode ser armazenado em um PEP, e através de um acesso remoto aos dados é possível o emprego do mesmo como um auxílio na obtenção de melhores diagnósticos.

De acordo com o Conselho Federal de Medicina, o prontuário do paciente é um documento único constituído de um conjunto de informações, sinais e imagens registradas, geradas a partir de fatos, acontecimentos e situações sobre a saúde do paciente e a assistência a ele prestada, de caráter legal, sigiloso e científico, que possibilita a comunicação entre membros da equipe multiprofissional e a continuidade da assistência prestada ao indivíduo (CFM, 2002).

Com a expansão das redes de comunicação, possibilitando larguras de banda superiores, comunicação sem fio e acesso através de dispositivos de menores dimensões, como *Notebooks*, *Smartphone*, PDA, entre outros, o uso de tecnologia móvel nos ambientes de saúde tornou-se um desafio possível. Através do uso de dispositivos de menores dimensões e de enlaces de comunicação sem fio e de alta velocidade, é possível se fazer acesso ao PEP, de maneira ubíqua, conforme conceito introduzido por Weiser e colegas (WEISER; GOLD; BROWN, 1999). Segundo Weiser, através da computação ubíqua, o usuário pode ter acesso ao seu ambiente computacional a partir de qualquer lugar, em qualquer momento, de várias formas, através de dispositivos diferentes e com as mais variadas formas de tecnologias de comunicação.

Weiser e colegas (WEISER; GOLD; BROWN, 1999) introduziram a visão que computadores portáteis com dimensões reduzidas estarão embutidos em objetos do cotidiano do usuário, tais como livros, roupas e objetos pessoais em geral, interagindo entre si e adaptando o comportamento de suas aplicações, de acordo com informações relevantes à sua execução. Dessa forma, estes elementos seriam sensíveis ao contexto que os cercam, em busca de informações que possam aprimorar a execução de suas aplicações.

Segundo Diniz (DINIZ, 2009) ambientes de prestação de serviços de saúde, o suporte à mobilidade é um fator indispensável, tendo em vista que a mobilidade dos médicos é inerente à própria profissão. Além deste caráter nômade do médico é importante considerar que a atividade médica é bastante fragmentada, ou seja, está sujeita a interrupções durante sua execução, pois poderá realizar consultas presenciais, realizar cirurgias, visitas a pacientes, em deslocamento para sua residência ou local de trabalho, de sobreaviso em sua casa ou local de lazer, e ser interrompido por um paciente ou colega para a tomada

de alguma decisão com relação à saúde de algum paciente. Da mesma forma, o médico poderá realizar uma consulta ou inclusão de dados de algum prontuário eletrônico de paciente e ser interrompido para a realização de alguma atividade de urgência. Em cada uma dessas situações, o médico poderá ter à sua disposição diferentes dispositivos, tais como *Personal Computer (PC)*, *Notebooks*, *Tablets*, *Palmtops*, *Smartphones*, PDAs com configurações diferentes e poderá fazer acesso ao sistema de informações de saúde de qualquer um deles.

Para verificar o caráter nômade e fragmentado da atividade médica, destaca-se o trabalho descrito por Tentori e Favela (TENTORI; FAVELA, 2008). Segundo os autores eles realizaram um estudo de caso em um hospital público, onde observaram as práticas do corpo clínico dentro do hospital. Foi constatado que os funcionários da equipe pesquisada (médicos, enfermeiros, técnicos entre outros) se movem mais de 50% do tempo. A análise mostrou ainda que em 69% do tempo eles estão interagindo com outras pessoas e que 26% dessas interações envolvem dispositivos, como por exemplo, telefones. Os funcionários gastam em média 2,5 minutos em cada interação. Também conseguiram verificar que o trabalho desempenhado é altamente fragmentado. Os médicos não gastam mais que cinco minutos conduzindo uma atividade, sem serem interrompidos. Eles também mensuraram o tempo de transição entre atividades, ou seja, o tempo decorrido entre duas atividades consecutivas, e verificaram, então, que este tempo chegava, em média, a 51 segundos. Essa fragmentação, normalmente, ocorre devido a uma necessidade de interrupção, devido a um chamado ou alguma atividade de urgência (DINIZ, 2009).

Conforme pode ser observado, as demandas da medicina ubíqua são elevadas, a proposta desta dissertação visa atender algumas demandas que auxiliem os profissionais na área de saúde em sua rotina diária nos hospitais ou fora deles, sobretudo no relacionamento com os pacientes, no que diz respeito a acompanhamento médico à distância. Neste sentido, considera-se um ambiente de medicina ubíqua, aquele onde há diversos dispositivos computacionais (heterogêneos) nos vários locais por onde um profissional de saúde passa, e o *software* de auxílio ao trabalho médico seja capaz de perceber variações no estado do paciente e gerar alertas ou até mesmo promover a atuação de dispositivos médicos ligados ao paciente.

O grupo G3PD (Grupo de Pesquisa em Processamento Paralelo e Distribuído) relacionado ao qual este trabalho está sendo desenvolvido vem ultimamente pesquisando sobre computação ubíqua/pervasiva desenvolvendo serviços para um *middleware* chamado EXEHDA. Neste trabalho são identificados os desafios de pesquisa na área de medicina ubíqua e com os resultados a serem obtidos a perspectiva é adequar o uso dos serviços do *middleware* EXEHDA para as demandas funcionais introduzidas pela medicina ubíqua.

1.4 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é explorar as premissas de estudo e pesquisa praticadas atualmente em medicina ubíqua. Sistematizando os desafios de pesquisa existentes no estado da arte em UbiComp (Computação Ubíqua) aplicada a medicina. Propor a partir desta sistematização feita um *framework* direcionado a medicina, na perspectiva da computação ubíqua.

Os objetivos específicos são:

- sistematizar os fundamentos teóricos sobre computação ubíqua;

- revisar fundamentos teóricos sobre medicina ubíqua, identificando as tecnologias relacionadas;
- identificar os principais projetos em medicina ubíqua, sistematizando suas diferentes características;
- avaliar o *middleware* EXEHDA, estudando os serviços a serem utilizados na perspectiva da medicina ubíqua;
- propor um *framework* que atenda as demandas da medicina ubíqua;
- redigir, progressivamente, o texto da dissertação a medida que as atividades forem sendo realizadas.

1.5 Estrutura do texto

A estrutura do texto deste trabalho contempla sete capítulos, sendo o primeiro esta introdução, e os outros seis organizados em um crescente de especificidade conforme resumos abaixo:

- Capítulo 2: Computação Ubíqua;
- Capítulo 3: Medicina Ubíqua: Identificando Fundamentos e Tecnologias;
- Capítulo 4: Projetos de Medicina Ubíqua: Sistematizando suas Características;
- Capítulo 5: Middleware EXEHDA;
- Capítulo 6: uMED: Concepção e Modelagem;
- Capítulo 7: Considerações Finais, são apresentadas as conclusões pertinentes deste trabalho.

2 COMPUTAÇÃO UBÍQUA

De acordo com Costa (COSTA; YAMIN; GEYER, 2008) a computação ubíqua idealizada por Mark Weiser na histórica publicação (WEISER, 1991) é atualmente um dos modelos de computação que mais dissemina na atualidade. Weiser postulava que a computação residiria nos mais inusitados objetos (e.g., etiquetas de roupas, xícaras de café, interruptores de luz e canetas) tornando-se, muitas vezes, imperceptível aos olhos dos usuários. Neste contexto, onde a computação torna-se imersa ao cotidiano, as pessoas convivem com os computadores e não somente os utilizam. Nestes ambientes, ditos ubíquos, existiria uma intensa interação entre os dispositivos que o compõem com a finalidade de auxiliar os usuários na execução de suas tarefas.

Na computação ubíqua os recursos se adaptam ao comportamento humano de modo não intrusivo, sem forçar que os usuários se adaptem aos dispositivos (GOU-LARTE, 2003). A proposta de Weiser vem se tornando realidade, através de tecnologias como PDAs, *Smartphones* e a consolidação de padrões para redes sem fio como o *Bluetooth* e o IEEE 802.11. Com a computação ubíqua, a relação entre usuários e dispositivos computacionais muda em relação aos computadores pessoais, o que era de um para um, passa a ser de um para muitos (um usuário para vários dispositivos) (WEISER; GOLD; BROWN, 1999).

A computação ubíqua vem conquistando espaços com a disseminação de dispositivos portáteis, sobretudo após a ampliação das tecnologias de redes sem fio. Dessa forma, o uso desta computação tem conduzido a aplicações de diversas áreas do mundo real, onde sua usabilidade nos moldes da computação tradicional não poderia ser tão ampla. Cenários na área médica, podem estender-se a diversas atividades, como telemonitoramento através do uso de sensores de medicina ubíqua, diagnósticos remotos, segunda opinião, juntas médicas, *Home Care* viabilizando a integração de dispositivos móveis como PDAs, *Tablets*, *Smartphones* com os sistemas de prontuário eletrônico existentes nos hospitais, entre outros cenários, desde residências inteligentes a trabalhos colaborativos (DINIZ, 2009).

A premissa principal por trás do conceito de computação ubíqua é desenvolver uma variedade de dispositivos inteligentes para serem utilizados em ambientes de trabalho e/ou residencial. Tais dispositivos provêm aos usuários acesso universal e imediato às informações e dão suporte às tarefas dos usuários (GRIMM; BERSHAD, 2002).

A figura 2.1 apresenta um esquema para computação ubíqua. Além de mobilidade, os sistemas ubíquos requerem suporte à escalabilidade, interoperabilidade, sensibilidade dentre outros aspectos para garantir que os usuários tenham acesso quando necessitarem (SAHA; MUKHERJEE, 2003).



Figura 2.1: Computação Ubíqua (SAHA; MUKHERJEE, 2003)

Conforme e Mukherjee (SAHA; MUKHERJEE, 2003), os avanços tecnológicos necessários para construir um ambiente de computação ubíqua são os seguintes: rede de interconexão, dispositivos, *middleware* e aplicações vide figura 2.2.

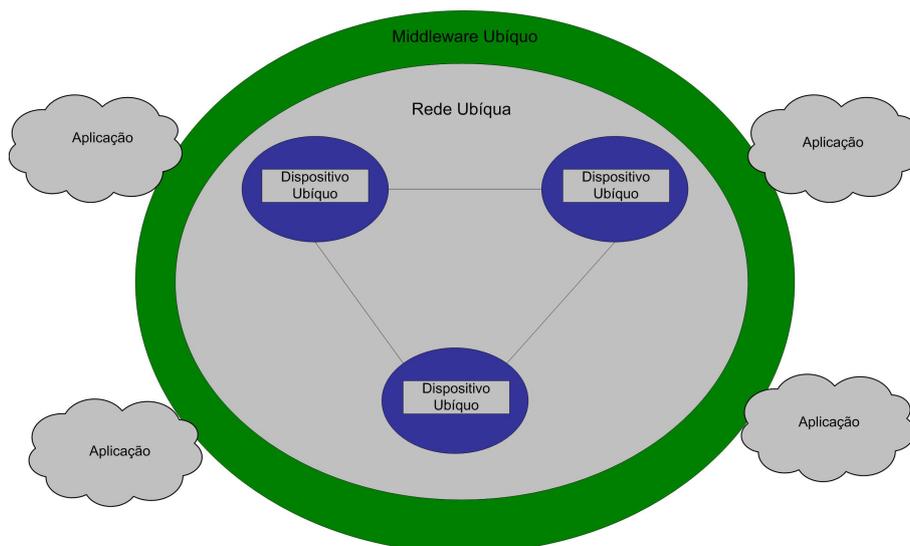


Figura 2.2: Framework para Computação Ubíqua (adaptada de (SAHA; MUKHERJEE, 2003))

Segundo Johnson (JOHNSON, 2005), os ambientes de computação ubíqua são espaços inteligentes, contendo dispositivos móveis sem fio, interconectados entre si, com consciência das informações do ambiente e reagindo de forma inteligente as informações do mesmo, disponível a qualquer hora e lugar. Para Couloris e colegas (COULORIS; DOLLIMORE; KINDBERG, 2005), um espaço inteligente é qualquer espaço físico com serviços embarcados, ou seja, serviços providos sobretudo dentro daquele espaço físico.

Já as aplicações ubíquas, em uma visão mais ampla, devem prever a mobilidade de equipamentos e usuários, denominada mobilidade física, e também dos componentes da aplicação e serviços, chamada de mobilidade lógica. Portanto, as aplicações devem ter o estilo siga-me, facultando que o usuário possa acessar seu ambiente computacional

independente da localização, do tempo e do dispositivo utilizado (YAMIN, 2004). Para tal, as aplicações precisam entender e se adaptar ao ambiente, compreendendo o contexto em que estão inseridas (MACIEL; ASSIS, 2004). Essa nova classe de sistemas computacionais, sensíveis ao contexto, abre perspectivas para o desenvolvimento de aplicações muito mais ricas, elaboradas e complexas, que exploram a natureza dinâmica e a mobilidade do usuário. Um desafio central na programação, deste tipo de aplicação é possibilitar que as mesmas se adaptem continuamente ao ambiente e permaneçam funcionando mesmo quando o indivíduo se movimentar ou migrar para outro dispositivo (GRIMM; BERSHAD, 2002; COSTA; YAMIN; GEYER, 2008)

De acordo com Augustin (AUGUSTIN, 2004) a computação ubíqua, constitui um ambiente altamente distribuído, heterogêneo, dinâmico, móvel, mutável e com forte interação entre homem e máquina.

A computação ubíqua vem sendo estudada por diversos grupos de pesquisas em todo o mundo. No entanto, muitos desafios são identificados para que o paradigma da ubiquidade seja alcançado. Alguns destes desafios são de interesse direto deste trabalho, e serão apontados nos próximos capítulos.

2.1 Características da Computação Ubíqua

Para satisfazer os requisitos definidos pela computação ubíqua, uma série de características são necessários para caracterizar um sistema ou ambiente ubíquo. Este são objetivos fundamentais recorrentes em projetos de pesquisa efetuados na área, seja no meio acadêmico, ou no meio empresarial (em centros tecnológicos e laboratórios de empresas) (GREGORY; ELIZABETH, 2000; DAVID, 2007).

Características de uma ambiente ubíquo (YAU; YU; KARIM, 2002; COSTA; YAMIN; GEYER, 2008):

- onipresença dos serviços: permitir a movimentação física do usuário, dando a ele a percepção de estar levando consigo os serviços computacionais;
- invisibilidade: não deve ser interpretada literalmente. Seu significado neste contexto é de tornar a computação não perceptível no foco de atenção do usuário. O usuário deve concentrar-se na tarefa, não no computador. A invisibilidade não é uma questão apenas de interface de *software*, ela envolve a forma como visualizamos a tecnologia, como interagimos com ela e como a utilizamos para obter os resultados desejados;
- sensibilidade ao contexto: capacidade de coletar informações sobre o ambiente onde está sendo utilizado isto pode gerar informações relevantes a respeito do ambiente, o excesso desta, caso não corretamente filtrada e interpretada, pode ser prejudicial ao meio. O gerenciamento adequado das informações sobre o ambiente, assim como a disponibilização e correta utilização das mesmas são pontos fundamentais para o sucesso de qualquer ambiente ubíquo;
- captura de experiências: capacidade de capturar e registrar experiências para uso posterior, se um sistema pode identificar usuários, objetos e dispositivos inseridos em um meio e conhecer a sua localização, então o potencial para gerar informações

a respeito deste ambiente é elevado. Este potencial pode ser utilizado para adequar o meio a uma nova realidade ou estado, ou até mesmo para reconhecer padrões de comportamento de usuários e, de forma pró-ativa, se antecipar a comandos explícitos do mesmo;

- comportamento adaptável ou dinamismo de tarefas: capacidade de, dinamicamente, adaptar os serviços disponíveis ao ambiente onde está sendo utilizado dentro de suas limitações;
- descoberta de serviços: construir serviços pró-ativamente, de acordo com o ambiente em que se encontra. A aplicação deve interagir com o ambiente e permitir que o usuário também o faça, a fim de descobrir novos serviços ou informações para atingir o objetivo desejado;
- composição de funcionalidades: capacidade de, a partir de serviços básicos, montar uma determinada funcionalidade requerida pelo usuário;
- interoperabilidade espontânea: capacidade de alterar os “parceiros” durante a sua operação conforme a sua movimentação;
- heterogeneidade de dispositivos: prover mobilidade da aplicação através de dispositivos heterogêneos;
- tolerância a falhas: capacidade de se adaptar diante de falhas no ambiente (por exemplo, disponibilidade *online/off-line*).

2.2 Cenários em Computação Ubíqua

Esta seção resume o estudo desenvolvido a respeito da origem da computação ubíqua. A computação ubíqua é um modelo computacional proveniente das tecnologias de rede sem fio e sistemas distribuídos, em um processo evolutivo iniciado pela computação nômade e seguido pela computação móvel, estágio atual da tecnologia móvel (COSTA; YAMIN; GEYER, 2008). A ideia deste modelo é a criação de um ambiente físico onde o foco é o usuário, especificamente a tarefa que ele deseja realizar, permitindo assim ao usuário dedicar-se às questões de maior importância, permitindo assim que o ambiente ubíquo encarregue-se da execução de tarefas secundárias (AUGUSTIN et al., 2008).

Pelo fato da computação ubíqua ser uma área emergente de pesquisa, termos como computação ubíqua, computação pervasiva, computação nômade, computação móvel e outros tantos têm sido usados muitas vezes como sinônimos, embora sejam diferentes conceitualmente e utilizam diferentes idéias de organização e gestão dos serviços computacionais. À medida que a área progredir, esses conceitos vão sendo melhor compreendidos e as suas definições tornam-se mais evidentes e copiosamente utilizadas (AUGUSTIN et al., 2008).

Os sistemas de computação móvel ainda não estão bem caracterizados e este termo é usado pelos autores em um espectro de ambientes, que envolvem alguma forma de mobilidade. De forma geral, pode-se dizer que sistema de computação móvel é um sistema distribuído que envolve elementos (*software*, dados, *hardware*, usuário) cuja localização

se altera ao longo da execução (AUGUSTIN et al., 2008). Esta definição torna clara a amplitude desta nova área de computação.

Dependendo dos elementos que possuem a propriedade de mobilidade, podem-se definir diferentes cenários. Entre eles destaca-se (AUGUSTIN et al., 2008):

- computação nômade - democratizada pelo uso de dispositivos portáteis tais como os *palmtops* e suas aplicações de gerenciamento pessoal. O usuário podia utilizar os serviços que um computador oferecia independentemente da sua localização. A mobilidade está mascarada através da portabilidade do *hardware*. No início dos anos 90, as facilidades de comunicação eram, basicamente, via acesso discado a cada movimentação, uma nova conexão à rede era necessária;
- computação via redes sem fio - usuário utilizando um equipamento portátil pode se deslocar dentro de uma célula, enquanto mantém a conexão à rede fixa ou à uma rede espontânea (*ad-hoc*) que se forma pelo encontro de dispositivos;
- mobilidade de código - os componentes da aplicação podem se mover. Pode-se ter: a mobilidade de código; a mobilidade de dados; ou a mobilidade de todo o estado da execução da aplicação (por exemplo: agentes móveis);
- computação móvel - a computação nômade, combinada com a capacidade de acesso permanente à rede sem fio, tem transformado a computação numa atividade que pode ser transportada para qualquer lugar. Observa-se que a crescente introdução de facilidades de comunicação tem deslocado as aplicações da computação móvel de uma perspectiva de uso pessoal para outras mais avançadas e de uso corporativo, como as aplicações móveis distribuídas;
- computação pervasiva - nesta concepção, o computador tem a capacidade de obter informação do ambiente no qual ele está inserido e utilizá-la para dinamicamente construir modelos computacionais, ou seja, controlar, configurar e ajustar a aplicação para melhor atender as necessidades do dispositivo ou utilizador sendo assim, adaptação consciente do contexto. O ambiente também pode e deve ser capaz de detectar outros dispositivos que venham a fazer parte dele. Desta interação surge a capacidade dos sistemas agirem de forma inteligente no ambiente no qual o usuário se movimenta, no qual esse ambiente está repleto de sensores e serviços computacionais;
- computação ubíqua - o ambiente é formado por inúmeros dispositivos móveis ou fixos e equipamentos computacionais conectados entre si e invisíveis ao usuário final. O usuário dispõe de seu ambiente computacional independente de localização, tempo, dispositivo e rede subjacente. Surge dos avanços da computação móvel e da computação pervasiva, e da necessidade de integrá-las. Isto significa que, qualquer objeto computacional presente no ambiente ou trazido pelo usuário pode construir dinamicamente modelos computacionais dos ambientes entre os quais o usuário se movimenta e os serviços por ele utilizados são autoconfiguráveis dependendo da necessidade e da tarefa que o usuário deseja realizar.

Muitos pesquisadores consideram que computação pervasiva, termo cunhado pela IBM (2000), e computação ubíqua, proposto por Mark Weiser - XEROX Parc (*Ubiquitous*

Computing) (WEISER, 1991), como sinônimos (SATYANARAYANAN, 2001). Observando os trabalhos realizados por pesquisadores, a maioria destes usam os termos de forma indistinta e neste trabalho ocorre o mesmo.

A computação ubíqua pode ser definida como a integração entre a mobilidade, sistemas de reconhecimento de contexto e computação distribuída de forma invisível ao usuário.

2.3 Tendências em Computação Ubíqua

Segundo Augustin (AUGUSTIN et al., 2008) a computação ubíqua também chamada de tecnologia tranquila (*Calm Technology*), Inteligência Ambiente (*Intelligence Ambient*), Computação Pró-ativa (*Proactive Computing*), Internet dos Objetos (*Internet of Things*) e Computação Invisível (*Invisible Computing*) entre outros nomes. Porém, os termos que têm prevalecido são computação pervasiva e computação ubíqua.

Em um ambiente ubíquo ou espaço ubíquo ou também chamado de *smart space*, computadores e outros dispositivos digitais estão totalmente integrados ao ambiente do usuário e objetivam auxiliá-lo em suas tarefas diárias. Este é um ambiente altamente dinâmico e heterogêneo. Os recursos, incluindo serviços, dispositivos e aplicações, disponíveis podem alterar-se rapidamente. Espaços heterogêneos têm diferentes tipos de recursos disponíveis e diferentes políticas de uso dos recursos. Programas em execução neste ambiente devem ser capazes de se adaptar à troca do contexto e disponibilidade de recursos. Isto coloca um desafio para os desenvolvedores que devem especificar como o programa deve se comportar em distintos contextos e quando diferentes tipos de recursos estão disponíveis. Além disso, ambientes ubíquos podem ter diferentes modos de executar a mesma tarefa devido a possibilidade de alterar os serviços ou a aplicações ou até mesmo os recursos. O desenvolvedor não pode prever como as várias tarefas serão executadas nos diferentes espaço ubíquos. Assim, programadores necessitam de abstrações de alto nível para programar aplicações em um ambiente ubíquo sem precisar ter consciência dos recurso disponíveis, contexto, políticas e preferência dos usuários (AUGUSTIN, 2004).

Devido a crescente evolução em sistemas de comunicação e computação, está se tornando frequente a integração da computação as atividades humanas. Microprocessadores estão cada vez menores e baratos o suficiente para serem colocados em quase tudo - não somente em dispositivos digitais, carros, eletroeletrônicos, brinquedos, ferramentas, mas também em objetos (lápiz, por exemplo) e roupas. Todos esses artefatos devem estar interligados e conectados em uma rede sem fio (AUGUSTIN et al., 2008).

De fato, a tecnologia espera uma revolução na qual bilhões de pequenos e móveis processadores estejam incorporados ao mundo físico, compondo objetos “espertos” sabem onde estão, se adaptam ao ambiente e fornecem serviços úteis em adição ao seu propósito original, formam redes espontâneas (*ad-hoc*) e altamente distribuídas, numa escala exponencial sem precedentes (AUGUSTIN et al., 2008).

Esse cenário está sendo considerado como um paradigma inovador do século 21 (SAHA; MUKHERJEE, 2003; SATYANARAYANAN, 2001), ou a terceira onda da computação (JANSEN, 2005), o qual permite o acoplamento do mundo físico ao mundo da informação e fornece uma abundância de serviços e aplicações onipresentes visando que usuários, máquinas, dados, aplicações e objetos do espaço físico interajam uns com os outros de forma transparente (em *background*) (RANGANATHAN, 2005).

Pela integração de sensores, computadores, dispositivos e redes foi possível dese-

nhar a primeira geração de ambientes ubíquos, referenciados como ambientes integrados. Agora os esforços de pesquisa concentram-se em deslocar o paradigma de ambientes integrados para espaços programáveis. O grande desafio é que a computação ubíqua afeta toda a área da ciência da computação em três distintas perspectivas: da experiência, da engenharia e teórica (CHALMERS, 2006).

Modelos de programação e *middlewares* baseados no modelo de sensores-atuadores-contexto foram os mais focados para a programação de aplicações da primeira geração e resultaram no conceito de computação orientada a contexto (*context-aware-programming*). Busca-se, agora, encontrar abstrações de alto nível que permitam programar aplicações que farão parte do paradigma denominado programação orientada à tarefas (*Task-Oriented Programming*) (AUGUSTIN et al., 2008).

2.4 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo apresentou uma breve introdução à computação ubíqua, bem como os requisitos que caracterizam um ambiente ubíquo. Assim como, a origem da computação ubíqua e os seus principais aspectos de estudo e pesquisa, também foi apresentado uma perspectiva sobre a evolução da computação ubíqua. No próximo capítulo é apresentado à medicina ubíqua identificando fundamentos e tecnologias.

3 MEDICINA UBÍQUA: IDENTIFICANDO FUNDAMENTOS E TECNOLOGIAS

Ambientes de medicina ubíqua são aqueles em que facilidades tecnológicas, como dispositivos móveis e redes de comunicação sem fio, trazem novas possibilidades de acesso e interação de seus usuários, como por exemplo, o acesso das informações dos pacientes. Estas informações compõem o prontuário eletrônico do paciente, permitindo que dados sobre exames, fatos e situações sobre a saúde de um paciente possam ser acessados através de múltiplos dispositivos e redes heterogêneas. Na medicina ubíqua podem-se realizar acessos a PEPs com informações consolidadas sobre os pacientes de qualquer lugar da rede, permitindo, inclusive, que haja cooperação entre profissionais independentemente do tempo e do espaço (DINIZ, 2009).

É necessário que ambientes de medicina ubíqua ofereçam suporte à mobilidade de seus profissionais de saúde, tendo em vista que a mobilidade dos médicos é inerente à própria profissão. Além desse caráter nômade do médico, é importante considerar que a atividade médica é bastante fragmentada (TENTORI; FAVELA, 2008), ou seja, está sujeita a interrupções durante sua execução, uma vez que médicos passam pouco tempo em cada local ou atividade. Dessa forma, mecanismos que facilitem a continuidade de atividades dos profissionais, mesmo em virtude de seus constantes deslocamentos, tendem a melhorar a produtividade dos mesmos (DINIZ, 2009).

Segundo Rodriguez (RODRIGUEZ, 2004) os médicos e colaboradores de hospitais trabalham em constante movimento. O trabalho descrito em (RODRIGUEZ, 2004) também se utiliza desta motivação reafirmando a necessidade de constante mudança de localização por parte destes profissionais em suas atividades diárias.

Por sua vez, de acordo com Diniz (DINIZ, 2009) a informação requerida por um especialista é dependente da sua localização. Por exemplo, o acesso aos resultados de exames laboratoriais de pacientes deve ser mais relevante quando o médico estiver perto do paciente que quando ele estiver em qualquer outro lugar.

Rodriguez e colegas (RODRIGUEZ, 2004) descrevem um sistema de informações médicas desenvolvido para permitir acesso a registros de pacientes baseado na localização do usuário. O sistema baseia-se em dispositivos *handhelds* usando estimativas de localização do usuário que acessa as informações do sistema hospitalar que sejam relevantes para a sua localização, por exemplo, quando o médico estiver próximo ao paciente ele terá acesso aos exames daquele paciente, entretanto se ele não tiver próximo ao mesmo, poderá não ter tal acesso.

O trabalho desenvolvido pelo grupo de Rodriguez trata de uma aplicação com caráter específico, mas não uma solução genérica, baseada em *middleware*.

Segundo Struzik (STRUZIK, 2007) o diagnóstico médico e tratamentos são geralmente precedidas por uma avaliação de sinais e sintomas do paciente. Os sinais, e as mudanças de variáveis físicas ou estados do paciente, são informações objetivas utilizadas pelos médicos, por exemplo, arritmia, taquicardia e febre. Os sintomas, por outro lado, são na sua maioria subjetivos e relatados pelos pacientes, por exemplo, tonturas, cansaço e dor. Tradicionalmente, informações objetivas, bem como informações subjetivas são obtidas em instalações específicas, tais como: clínicas médicas, hospitais. Todavia tecnologias emergentes, como computadores portáteis, redes de alta velocidade e biossensores médicos, estão mudando este ambiente dito tradicionais. Agora o sinal do pacientes pode ser captado remotamente. A disponibilidade de computadores portáteis e programas específicos permite ao médicos avaliar os sintomas psíquicos e somáticos no momento em que estes ocorrem. Desta forma, as informações médicas necessárias para o cuidado e tratamento do paciente estão se tornando onipresente.

3.1 O Ambiente de Medicina Ubíqua

Ubiquitous healthcare é um campo emergente da Tecnologia de Informação que utiliza um grande número de sensores e atuadores para monitorar o paciente capaz de melhorar a sua condição física e mental (BROWN; ADAMS, 2007).

Conforme (BROWN; ADAMS, 2007) pequenos sensores estão sendo projetados para recolher informações sobre as condições corporais, como temperatura, frequência cardíaca, pressão arterial, níveis químicos do sangue e da urina, frequência respiratória e níveis de atividade. Estas informações podem ser utilizadas para diagnosticar problemas de saúde. Os sensores usados, são implantados no corpo, ou instalados em suas residências e locais de trabalho.

Os atuadores poderão ir mais longe e desencadear ações como a liberação de pequenas quantidades de produtos farmacêuticos para a corrente sanguínea ou a estimulação elétrica de áreas do cérebro (por exemplo, aqueles implicados em condições tais como a doença de Alzheimer e de Parkinson ou aqueles associados com depressão).

O principal objetivo destes sensores e atuadores é ajudar os pacientes e as pessoas que a cuidam a monitorar o estado de saúde, auxiliando na elaboração de cuidados médicos e implementação de intervenções para melhorar a situação. Inicialmente, eles tendem a ser utilizados por médicos de família para controlar remotamente os pacientes, e fornecer conselhos de saúde em geral. Isto é particularmente útil para pacientes com mobilidade prejudicada, tipicamente idosos. Com o tempo, a tecnologia destina-se a apoiar um maior autocontrole e cuidado por todos os indivíduos, e não apenas aqueles em condições crônicas. Pacientes como crianças e aqueles com deficiências cognitivas, será necessário um apoio mais intensivo de profissionais da saúde e familiares. Nos últimos anos uma área denominada *ubiquitous healthcare technologies* se propõe monitorar e aconselhar sobre fatores de saúde a longo prazo, como dieta e exercício, aconselhando a uma mudança no sentido de “bem-estar” que incorpora, bem-estar como saúde física e mental (BROWN; ADAMS, 2007).

As tecnologias de computação ubíqua estão sendo usadas para melhorar o desempenho do paciente, dispositivos de apoio - como cadeira de rodas inteligentes que evitam o impacto com objetos e, especialmente, com outras pessoas em áreas congestionadas, e fornecem um *feedback*, como descrições verbais de objetos para deficientes visuais.

Conforme (BROWN; ADAMS, 2007) tecnologias também estão sendo desenvol-

vidas para apoiar as atividades dos profissionais da área de saúde. Exemplos incluem sistemas de prontuário do paciente que modificam as informações apresentadas com base no seu contexto atual provendo um apoio para melhorar o fluxo de informações entre os profissionais de saúde durante as mudanças de turno. Outro exemplo, seria a transmissão de informações (incluindo imagens) para o hospital de uma possível vítima de um acidente no intervalo de tempo até a chegada da ambulância no hospital. Sistemas foram também desenvolvidos para apoiar a formação de médicos.

Ambientes de medicina ubíqua de grande porte, como hospitais, o conceito de espaços inteligentes deverá possibilitar a realização das seguintes ações (DINIZ, 2009):

- conceder aos profissionais de saúde, acesso às informações do PEP, de qualquer local, desde que estejam conectados à rede e utilizando dispositivos móveis ou fixo. O ambiente se encarregará de gerenciar a comunicação de usuários e dispositivos às fontes de informações;
- permitir que uma aplicação possa ser transferida a outro dispositivo, dando continuidade a sessão;
- controlar as sessões de PEPs de diferentes usuários, usando diferentes dispositivos e redes de acesso;
- empregar informações de contexto para cooperar na disseminação da informação, automatização de configuração e adaptação de conteúdo.

3.1.1 Hospital do Futuro: Idéias e Conceitos

O hospital do futuro é uma visão de um hospital altamente interativo, onde os médicos podem acessar informações médica relevantes e colaborar tanto com os colegas, como com seus pacientes independentemente de tempo e lugar. Outros pesquisadores têm utilizado o termo “hospitais inteligente” (MITCHELL, 2000), outros, no entanto, preferem o termo “hospital interativo” (BARDRAM, 2003), já o projeto PERTMED usa o termo “hospital virtual” (PERTMED, 2007), neste trabalho todos os termos são considerados sinônimos e portanto são utilizados indistintamente.

Acredita-se que, a fim de criar um ambiente hospitalar verdadeiramente interativo precisa-se conceber um novo tipo de infraestrutura básica sobre a qual os sistemas clínicos informatizados podem ser projetados, desenvolvidos e implantados. Como parte do núcleo do ambiente de execução, esta infraestrutura deve suportar os aspectos do trabalho médico já introduzidos na seção 3.1, e deve funcionar como uma linha mestra computacional de um hospital. A infraestrutura deve suportar que os clínicos possam se movimentar livremente dentro e fora do hospital, mantendo o seu ambiente computacional intacto. Os clínicos devem ser capazes de se mover quando iniciar, pausar, reiniciar e suspender a sua interação com os sistemas clínicos informatizados. A infraestrutura também deve assegurar a adequada interoperabilidade dos diferentes sistemas em uso clínico de um hospital, fornecendo mecanismos básicos para desenvolvedores de sistemas clínicos para criar sistemas altamente integrados (BARDRAM, 2003).

Os temas relevantes para infraestrutura pretendida conforme Bardram e colegas (BARDRAM, 2003; BARDRAM; BOSSEN, 2005):

- adaptação - a infraestrutura deve apoiar o trabalho dos clínicos e tentar abranger e se adaptar a diversos serviços necessários em um ambiente heterogêneo. Por exemplo,

um radiologista chegar a uma sala de conferência deve ser capaz de transferir toda a sua conferência de radiologia do seu PDA a um equipamento que ofereça uma tela de grandes dimensões;

- segurança - essa infraestrutura obviamente precisa incorporar mecanismos de segurança, porque trata com informações confidenciais de pacientes entre outras informações sigilosas;
- sensibilidade ao contexto - acredita-se que a criação de sistemas clínicos sensíveis ao contexto é fundamental para sua aprovação no trabalho clínico. Em um ambiente de trabalho frenético, onde muitas tarefas são realizadas em paralelo, onde os médicos se deslocam de um lugar para outro, e onde as configurações de colaboração emergem constantemente, é importante que aplicações clínicas tenham um conhecimento sobre o contexto de trabalho do usuário e que eles sejam capazes de se adaptar a este contexto. Apoio à sensibilidade ao contexto deve ser parte da infraestrutura básica, ao invés de algo que cada aplicação clínica implemente;
- colaboração - pretende-se criar mecanismos para a colaboração na infraestrutura, porque a colaboração é fundamental para a clínica de trabalho. Isso pode ser utilizado para a criação de conferências entre médicos e pacientes em casa ou entre médicos, facilitando a obtenção de uma segunda opinião.

3.1.2 Dispositivos Interativos em Ambientes Hospitalares

Segundo Bardram (BARDRAM, 2003) computadores pessoais são feitos para trabalho de escritório e são, portanto, muitas vezes difíceis de implantar e usar em um hospital, onde não há mesas apropriadas para um computador e dispositivos de informática. Portanto, as aplicações clínicas informatizadas devem ser incorporadas ao equipamento médico e hospitalar como um todo. Há trabalhos em protótipos para criar paredes, tetos e pisos interativos, bem como a incorporação de recursos computacionais em leitos hospitalares, nos recipientes de comprimidos, nos instrumentos cirúrgicos, entre outros vide figura 3.1.

Bardram (BARDRAM, 2003) prevê um hospital onde os médicos podem se aproximar de superfícies interativas em qualquer lugar e continuar seu trabalho. Algumas das superfícies são pequenas e portáteis, como PDAs (mas não são pessoais), outros são grandes, como as utilizadas em uma sala de conferências de radiologia, onde uma parede inteira pode ser uma grande superfície interativa.

Os registros médicos são em grande parte textual. Isto é uma forma abstrata de representar o saber médico. Coisas simples como usar o vídeo para documentar a reabilitação ortopédica, ou a cicatrização de feridas é desejável, mas não é facilmente integrado nos sistemas existentes. Outra parte importante desta pesquisa realizada por Bardram e sua equipe é desenvolver novas formas de interação com dados médicos e novos tipos de equipamento, o mouse é difícil de usar na cabeceira, por exemplo. Deste modo prevê-se o uso de vários tipos de interação multimodal. Por exemplo, permitindo ao cirurgião o acesso a prontuários e imagens de raios-x usando voz e gestos, durante a execução da operação (BARDRAM, 2003; BARDRAM; BOSSEN, 2005).



Figura 3.1: Dispositivos Interativos (BARDRAM; CHRISTENSEN, 2007)

3.1.3 Contribuições para Área da Saúde

Conforme visto anteriormente o uso da computação ubíqua oferecerá vantagens tais como: aumento da eficiência do serviço, uma ganho na qualidade e melhora o gerenciamento da relação com o paciente (VARSHNEY, 2003). Este novo sistema de saúde também prevê uma visão de “hospital virtual”, o qual estende-se para casa dos pacientes ou lugares onde eles se encontram, onde sensores/dispositivos monitoram as condições ambientais e do paciente e comunicam-se, via rede sem fio, com as centrais médicas para a tomada de decisões e ações pertinentes. Experiências nesse sentido estão sendo conduzidas por alguns projetos de pesquisa europeus, como o do *Center of Pervasive Healthcare* da Dinamarca que desenvolve o projeto *Hospital of the Future* (BARDRAM; BOSSEN, 2005).

Estes indicadores prevêem que a computação ubíqua terá um enorme potencial de aplicabilidade na área da saúde. Esta situação é reforçada por projetos bastante atuais. Segundo o projeto PERTMED alguns dos problemas na área de saúde hoje em dia são (PERTMED, 2007):

- dificuldade de acesso a serviços especializados em regiões remotas ou carentes;
- custo elevado para o transporte de pacientes, especialmente de áreas pobres e rurais;
- interrupções e atrasos na sequência do tratamento.

Segundo o projeto PERTMED a questão que permeia esses três problemas é o acesso a informação de onde ela é gerada para onde ela é necessária, em tempo razoável e compatível com a gravidade da situação sendo tratada. A rapidez da decisão médica depende da pronta disponibilidade destas informações, sendo este o fator decisivo para a qualidade dos serviços prestados. Acesso à informação pode ser usado para substituir o transporte, por exemplo, um “paciente virtual” (formado por um conjunto de informações sobre seu estado de saúde) pode ser acessado a longas distâncias por um especialista remoto (PERTMED, 2007).

Com a introdução da computação ubíqua na área da saúde, dentre outros aspectos, é possível identificar uma contribuição no sentido de superação de desigualdades regionais e socioeconômicas, relativas ao acesso às informações dos sistemas de saúde.

3.2 Telemedicina e Medicina Ubíqua: Revisando Conceitos

Cabe ressaltar que medicina ubíqua e telemedicina contemplam aspectos que se sobrepõem. Inclusive alguns trabalhos os utilizam de forma indistinta. Porém, algumas particularidades devem ser consideradas.

Conceituar telemedicina, tem se tornado cada vez mais pauta de discussões acadêmicas, não tanto pelo conceito em si, mas, e principalmente, pela tentativa de classificação e aplicação das diferentes iniciativas existentes no mercado. Várias definições foram propostas por diferentes entidades e autores, com pontos de convergência, mas, muitas vezes, com amplitudes diferentes (VIEGAS, 1998; WOOTTON; CRAIG; PATTERSON, 2006).

Algumas das principais definições segundo Medeiros (MEDERIRO, 2009) são:

- Organização Mundial de Saúde - segundo a OMS, Telemedicina “é a oferta de serviços ligados aos cuidados com a saúde, nos casos em que a distância é um fator crítico. Tais serviços são providos por profissionais da área da saúde, usando tecnologias de informação e de comunicação para o intercâmbio de informações válidas para diagnósticos, prevenção e tratamento de doenças e a contínua educação de provedores de cuidados com a saúde, assim como para fins de pesquisas e avaliações. O objetivo primeiro é melhorar a saúde das pessoas e de suas comunidades”;
- *American Telemedicine Association* - segundo a ATA, Telemedicina “é a utilização de informação médica transmitida de um local a outro através de meios de comunicação eletrônica, visando o cuidado com a saúde e a educação do paciente ou do provedor de cuidados com a saúde, com o propósito de melhorar o cuidado com o paciente”;
- *National Air and Space Agency* - segundo a NASA, Telemedicina “é a integração de tecnologias de telecomunicações, de informação, de interface homem-máquina e de cuidados médicos com o propósito de melhorar os cuidados com a saúde em vôos espaciais”.

Estes conceitos são resultados do reflexo direto do uso do conceito por médicos, pesquisadores clínicos, entre outros profissionais, que a partir do avanço das tecnologias da informação e comunicação, passaram a apoiar os cuidados de saúde. Para exemplificar o que é telemedicina, tem sido comum as interpretações mais simples, como o uso do telefone pelos pacientes na consulta os seus médicos, ou o processo de radiocomunicação entre uma unidade móvel como uma ambulância e a emergência do hospital, em que a primeira informa sinais e sintomas dos pacientes de forma que, do outro lado, o médico inicie um processo diagnóstico e a recomendação de tratamento (WOOTTON; CRAIG; PATTERSON, 2006).

Segundo o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC, 2008) a telemedicina teve suas origens no início do século XX. Entretanto, isto está atualmente ultrapassado frente às possibilidades que surgem com a utilização das novas tecnologias. Tais recursos tecnológicos, ainda não estão totalmente disponíveis nos sistemas de saúde, seja ele, público ou privado. A sua implantação depende, de uma maneira geral, da integração através de uma infraestrutura computacional inserida em um “ciberambiente”

(grid de computação distribuída de alto desempenho) onde equipes multidisciplinares altamente competentes em diversas áreas do conhecimento humano promovam mecanismos de transferência e inovação na solução deste importante problema nacional que é a saúde.

A medicina ubíqua utiliza a proposta de ubiquidade de Weiser (WEISER, 1991) no qual é um paradigma inovador do século 21 (SAHA; MUKHERJEE, 2003; SATYANARAYANAN, 2001), ou a terceira onda da computação (JANSEN, 2005), o qual permite o acoplamento do mundo físico ao mundo da informação e fornece uma abundância de serviços e aplicações onipresentes visando que usuários, máquinas, dados, aplicações e objetos do espaço físico interajam uns com os outros de forma transparente (em *background*) (RANGANATHAN, 2005). Devido a essas características da ubiquidade aplicada a área da medicina torna-se possível inúmeras aplicações que até em tão com o uso da telemedicina não eram exploradas dentre elas destaca-se: sensibilidade ao contexto, serviço de adaptação, descoberta de recurso entre outras (VENECIAN, 2010).

3.3 Medicina Ubíqua: Principais Aspectos de Estudo e Pesquisa

Nesta seção pretende-se caracterizar os principais desafios e algumas propostas de soluções que alguns autores encontram no uso da computação ubíqua na perspectiva da medicina ubíqua. A análise dos mesmos está dividida em três exemplos.

3.3.1 Caso 1 - Suporte à Mobilidade

Segundo Bardram e Bossen (BARDRAM; BOSSEN, 2005) para que um ambiente de computação ubíqua possa ser empregado eficientemente em tarefas clínicas, é fundamental que exista suporte a mobilidade e o trabalho colaborativo dos profissionais de saúde envolvidos. Em (BARDRAM; BOSSEN, 2005) são apresentadas estratégias vigentes para a realização desse suporte, sendo que basicamente tecnologias móveis são associadas a tecnologias de redes sem fio. Contudo, restam ainda muitos desafios a serem superados, para que o uso desta tecnologia forneça subsídios de forma efetiva e clara ao trabalho clínico. A seguir os desafios que Bardram e Bossen destacam:

- **sobrecarga de informação** - devido ao fato dos profissionais de saúde tratarem de centenas de pacientes, cada um podendo dispor de dados clínicos volumosos, dificulta para os profissionais, que usualmente trabalham num ritmo acelerado, navegar por toda essa informação usando as pequenas telas dos dispositivos móveis;
- **heterogeneidade das tecnologias** - dispositivos móveis geralmente obriga os profissionais de saúde, que se movem constantemente trocando de dispositivo computacional em função de suas tarefas e localizações, a dificuldade e restabelecer suas sessões de usuário a cada troca de dispositivo;
- **isolamentos de dispositivos** - dispositivos móveis utilizados nos testes são intrinsecamente isolados e tendem a não suportar os frequentes trabalhos cooperativos *ad hoc* dos profissionais, já que não permitem a troca e o compartilhamento de visões e informações clínicas.

Segundo Bardram (BARDRAM, 2004) uma forma de amenizar a sobrecarga de informação é a ciência de contexto (*context-aware*), já que sistemas que usam essa tecno-

logia permite localizar e apresentar dados relevantes aos seus usuários, baseando-se em informações contextuais (e.g., identidade do usuário, o papel que este desempenha, a sua localização, o dispositivo que está usando, tamanho de tela do dispositivo). Com base na combinação dessas informações, aplicações podem adaptar-se a diferentes situações e comportar-se de forma perfeita para cada uma delas. Por exemplo, num hospital um médico carregando um PDA, ligado a um sistema ciente de contexto, ao aproximar-se do leito de um de seus pacientes, poderia obter os dados do PEP mostrados automaticamente neste PDA.

Conforme Bardram (BARDRAM, 2003) mobilidade de código é uma maneira de lidar com a heterogeneidade de dispositivos, já que suporta a transferência de sessão de usuário entre dispositivos (e.g., de *Desktop* para PDA), mas exige que a sessão seja adaptada durante essa transferência (e.g., o tamanho reduzido da tela do PDA e a largura de banda limitada da rede de acesso sem fio devem ser considerados). É importante ressaltar que num ambiente ubíquo os dispositivos móveis não devem estar isolados, mas sim inseridos à infraestrutura tecnológica existente.

Composição de dispositivos é um meio de lidar com o isolamento dos dispositivos móveis, já que permite a constituição *ad hoc* de um dispositivo lógico a partir de dispositivos físicos diferentes (PHAM et al., 2001). Por exemplo, um médico e um enfermeiro carregando seus respectivos *Tablets* poderiam colocá-los próximos, para que estes se compusessem num único *Tablet* lógico. Esses profissionais poderiam então baixar e arrastar arquivos, objetos e aplicações entre as duas telas e interagir com os mesmos diretamente. Uma técnica correlata é o suporte à transferência de informações entre dispositivos heterogêneos (FAVELA et al., 2004), que possibilita, por exemplo, a transferência de informação médica de um computador com múltiplos usuários para um PDA pessoal, ou o uso desse PDA como ponto de acesso remoto a uma tela de grandes proporções na parede, ou ainda o uso de vários PDAs conectados a essa tela para suportar um conferência médica (BARDRAM, 2004).

3.3.2 Caso 2 - Suporte à Heterogeneidade

Em um cenário hospitalar por exemplo, onde médicos precisam acessar PEPs, de qualquer lugar, com uma grande diversidade de categorias de dispositivos móveis e fixos, ou seja, celulares, PDAs, *Tablets*, *Smartphones*, *Notebooks* e *Desktops* com possibilidade de transferência de sessão entre dispositivos com diferentes configurações, em tempo satisfatório e com consistência de informações. Para que esse ambiente ubíquo atenda a essa demandas é necessário superar alguns desafios conforme Diniz (DINIZ, 2009) destaca:

- **ambiente multiplataforma** - dispositivos com diferentes tamanhos de tela, sistemas operacionais, poder computacional entre outras características distintas;
- **autonomia limitada de alguns dispositivos móveis** - embora exista uma evolução das baterias utilizadas nos dispositivos móveis elas ainda possuem uma autonomia limitada. Muitas vezes, o médico começa a usar o seu dispositivo móvel quando o mesmo já está apenas com parte da sua carga total. Isto leva muitas vezes à necessidade de migração de sessão, durante a sua execução, devido à impossibilidade do médico concluí-la, já que o dispositivo utilizado não dispõe de energia suficiente para tal. Não é foco de estudo o problema de autonomia de baterias propriamente dito, porém pretende-se encontrar uma solução de *software* que permita

que o médico ou outro profissional de saúde transfira sua sessão para outro dispositivo móvel ou fixo, imediatamente antes do término da bateria ou até mesmo após o término da mesma, sem perda de tempo nem conteúdo;

- **interrupção de uma sessão** - ruptura de acesso a um PEP, no momento em que a transferência de sessão entre dois dispositivos esteja ocorrendo. A transferência de sessão poderá acontecer por uma necessidade, como por exemplo, o aviso que a bateria está com a carga baixa em um dispositivo portátil ou por uma preferência de usuário. Em algumas situações, por exemplo, no ambiente hospitalar, num dispositivo com interface limitada, como um PDA ou *Smartphone*, é difícil de se visualizar o resultado de um exame de Raio-X de modo satisfatório. Nestes casos pode ser necessária a migração da sessão para um outro computador do tipo *Notebook* ou *Desktop*;
- **intermitência de comunicação** - em um ambiente ubíquo é possível existir diversas possibilidades de tecnologias de redes envolvidas no cenário, a exemplo de WiFi, *bluetooth*, IEEE802.3, GSM, dentre outras. Essas diferenciações de tecnologias são ainda mais notáveis quando se trata de um ambiente de rede metropolitana, que ultrapassa os limites de um hospital ou uma clínica. O médico pode acessar o sistema de diferentes locais das cidade, como, de um hospital, de sua residência ou, ainda, em trânsito. Sendo assim, poderá utilizar um acesso através de uma rede local, usando a Internet ou até mesmo a rede pública de telefonia celular. Neste caso o *handoff* (troca) entre diferentes tecnologias de comunicação é possível, conforme destacado no trabalho de Cavalcanti e colegas (CAVALCANTI, 2005). Essa variedade de enlaces de rede possibilita a interrupção de sessões de forma involuntária.

Segundo Diniz (DINIZ, 2009) a tarefa de transferência de sessão entre dispositivos é uma tarefa complicada e deve ser realizada, em muitos casos com o menor atraso possível, quando for requerida. O médico terá que dar continuidade a uma sessão aberta em outro dispositivo, muitas vezes, em meio a uma atividade que depende de seu parecer. É necessário que a migração de sessões se dê em um intervalo que seja uma fração mínima daquele levado na troca de atividades pelo médico. A interrupção da migração também é um fator que deve ser considerado um possível desafio, porque a mesma poderá ser solicitada e não ser concluída devido à intermitência da rede ou escassez de bateria. A abordagem de migração de aplicações também vem sendo utilizada na área médica e ambientes ubíquos em geral. Como mencionado anteriormente, a migração de aplicação poderá ocasionar problemas quando for interrompida de forma involuntária. Segundo o autor não foram encontrados trabalhos relacionados que tratem dessa interrupção de migração de sessão, nem do tempo em que ela ocorre. No ambiente hospitalar ubíquo, o tratamento a ser dado a estes problema pode ser obtido através de tarefas de gerenciamento de contexto e de sessão. Ações referentes ao gerenciamento de sessão permitem o armazenamento temporário da sessão e o repasse para outro dispositivo de destino. Para que haja essa migração sem perda de informação e de tempo, o contexto do dispositivo destino tem que ser conhecido previamente e controlado através de ações realizadas pelo serviço de gerenciamento de contexto. A abordagem usada para o tratamento da multiplataforma, notadamente no que diz respeito a variações de tamanho de tela, é a adaptação de conteúdo.

Conforme Diniz (DINIZ, 2009) para superar os desafios mencionados, é necessário definir uma arquitetura sensível ao contexto, para gerenciamento de sessões,

possibilitando a migração de sessão e o seu resgate em outro dispositivo, em tempo hábil, e com adaptação de conteúdo, o tempo de troca de atividades será pequeno o suficiente para possibilitar um potencial aumento da produtividade do profissional cujas tarefas envolvam mobilidade e fragmentação, a exemplo do que ocorre em um ambiente hospitalar como mencionado anteriormente.

3.3.3 Caso 3 - Suporte à Ética Médica

Conforme Brown e colega (BROWN; ADAMS, 2007) a medicina ubíqua é uma área emergente da tecnologia que utiliza um grande número de sensores e atuadores, afim de monitorar e melhorar a condição física e mental dos pacientes. Pequenos sensores recolhem dados sobre quase todas as características fisiológicas que pode ser usado para diagnosticar problemas de saúde. Esta tecnologia enfrenta algumas questões éticas desafiadoras, que vão desde as questões de confiança e eficácia para as questões sociais da saúde e de lacunas relacionadas à situação econômica. Ela apresenta problemas particulares, combinando o desenvolvimento do computador - informação - comunicação social - ética médica. Isto levanta questões de saúde à medida que desenvolvem sistemas de saúde onipresente. Medicina é uma profissão cuja prática é restrita e controlada geralmente por autoridades governamentais, nomeados, enquanto o *software* e desenvolvimento de *hardware* é notoriamente carente de tais regimes.

Além dos desafios tecnológicos envolvidos na medicina ubíqua existem ainda os desafios éticos no qual fogem ao escopo deste trabalho.

3.3.4 Exemplo de um Middleware na Área da Saúde

A premissa vital da medicina ubíqua é disponibilizar serviços de saúde a qualquer hora e lugar, sem restrições de localização e disponibilidade de médicos, enfermeiros e outros profissionais de saúde. Estes profissionais precisam de ferramentas de entrega e de acesso a informações tanto no local onde encontra-se o paciente como não (DINIZ, 2009). Esta seção apresenta o CodeBlue um *middleware* para saúde (LORINCZ, 2004; DINIZ, 2009).

A infraestrutura de *software* utilizada pelo CodeBlue integra nós de sensores e outros dispositivos a uma rede *ad hoc*, sem fio, oferecendo serviços de descoberta de nomes, segurança, filtragem e agregação, *handoff*, dentre outros. Para avaliar o CodeBlue, os autores utilizaram o monitoramento de sinais vitais, via rede sem fio e aplicações baseadas em PDA.

O CodeBlue dispõem de um esquema de nomes flexível. Também observa-se a presença de *frameworks* de roteamento do tipo *publish/subscribe* e funções de autenticação e criptografia. O CodeBlue requer uma rede de sensores, ou seja, dispositivos com recursos altamente limitados, sendo as abordagens de RPC (*Remote Procedure Call*), agentes móveis e *Java Virtual Machine* inapropriadas para este domínio. De acordo com os autores do artigo, existem vários projetos com aplicações semelhantes, para suíte de sensores, em vez de utilizarem um *framework* mais geral para aplicações médicas sem fio. A maioria destes sistemas são para uso em PDAs e utilizam o padrão 802.11b. As questões de segurança são colocadas como um grande desafio, uma vez que o sucesso das redes de sensores e a sua aceitação no meio médico dependem da privacidade dos dados do paciente outro desafio destacado pelos autores é a interoperabilidade dos dispositivos já que sensores tem capacidade de comunicação limitado e pouco poder computacional.

A arquitetura proposta pelos autores deste trabalho pode ser vista na figura 3.2.

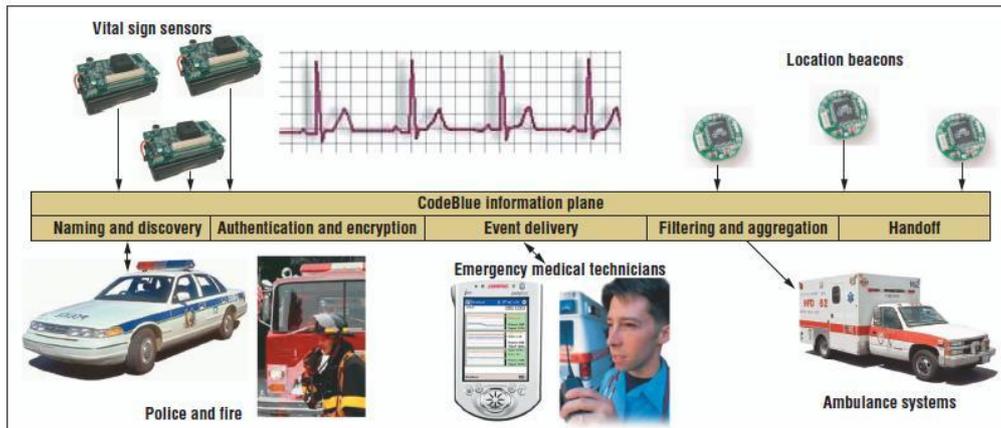


Figura 3.2: Arquitetura do CodeBlue (LORINCZ, 2004)

O CodeBlue oferece uma infraestrutura de *middleware* e serviços para suportar atividades executadas em um hospital, envolvendo os profissionais de saúde e pacientes, dentre elas o monitoramento de paciente através de redes de sensores.

3.4 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo apresentou uma visão geral sobre medicina ubíqua caracterizando o seu ambiente assim como, as contribuições que podem ser providas para um ambiente de saúde, o hospital do futuro com suas peculiaridades, os dispositivos interativos empregados em ambientes médicos ubíquos, uma comparação entre telemedicina e medicina ubíqua, apresentou-se também alguns desafios desta área e maneiras de contorná-los, e por último um exemplo de *middleware* empregado em saúde. No próximo capítulo é apresentado alguns projetos de medicina ubíqua.

4 PROJETOS DE MEDICINA UBÍQUA: SISTEMATIZANDO SUAS CARACTERÍSTICAS

No levantamento do estado-da-arte, foram considerados projetos representativos da área de medicina ubíqua, os principais encontram-se resumidos neste capítulo. Os mesmos tem como elemento comum na implementação de suas propostas uma camada de *software* denominada *middleware*. Esta camada tem o objetivo de facilitar o desenvolvimento das aplicações em ambientes distribuídos e ubíquos atuando como camada intermediária entre o ambiente de execução e as aplicações.

4.1 Projeto PERTMED

O projeto PERTMED (PERTMED, 2007) está sendo desenvolvido por universidades do sul do Brasil e conta com a colaboração de equipes médicas ligadas a essas universidades.

O sistema de saúde do futuro prevê o uso de tecnologias da computação ubíqua formando um espaço inteligente (reativo e pró-ativo), onde dispositivos móveis e fixos estão integrados ao ambiente físico (objetos) visando captar informações do meio e transmitir as alterações detectadas para sistemas de gerenciamento de informações, os quais tomarão decisões e adaptar-se-ão as situações detectadas (computação consciente de contexto) (PERTMED, 2007).

Neste momento, em termos de pesquisa e inovações, a computação ubíqua na saúde está sendo conduzida sob duas perspectivas (PERTMED, 2007): (i) uso de tecnologias da computação ubíqua para criar um hospital virtual; (ii) disponibilização das informações relativas a saúde em todo lugar, a qualquer tempo, usando diferentes dispositivos de acesso pertencentes ao próprio paciente/médico ou dispositivo no ambiente.

Segundo (PERTMED, 2007) no Brasil, os trabalhos tendo a saúde e computação ubíqua como tema estão em fase inicial.

Usando a experiência do GMob (Grupo de Pesquisa em Sistemas Móveis e Pervasivos), da UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), do G3PD da UFPeL (Universidade Federal de Pelotas) e da UCPeL (Universidade Católica de Pelotas) e a qualificação da equipe médica dos hospitais universitários dessas universidades, propõem-se uma inovação nos sistemas de comunicação e informação através do uso de estratégias usadas na computação ubíqua para inserir aspectos importantes ainda não presentes nos sistemas de informação de saúde do país. A premissa é tornar a informação disponível aonde (lugar) ela é necessária de forma contextualizada. A disponibilidade da informação

é fundamental para qualidade da tomada de decisão.

O projeto PERTMED (PERTMED, 2007) propõe fazer a ligação entre os sistemas automatizados existentes (registro de pacientes, exames laboratoriais, entre outros) e o médico no local onde ele se encontra (regiões remotas ou em trânsito, por exemplo). Sendo assim, elimina-se a exigência da conexão a uma rede fixa e com um computador pessoal na área do hospital para ter acesso às informações do paciente.

O projeto PERTMED (PERTMED, 2007) usa as funcionalidades e capacidades fornecidas pelos telefones celulares e *Smartphones* que tornam informações do paciente disponível para o médico e demais profissionais de saúde com direito de acesso, em qualquer lugar que esteja necessitando dessas informações para tomada de decisão. No momento que este solicita a informação, ela é acessada e enviada para o dispositivo móvel em uso pelo médico ou por outro profissional de saúde no momento (por exemplo, *Smartphone*) e adaptada ao dispositivo que o médico utiliza.

Logo, a distância do médico e demais profissionais de saúde em relação ao sistema de equipamentos que armazenam as informações sobre o paciente é irrelevante, tornando o sistema de informação mais flexível e de acordo com a liberdade de movimentação requerida pelos profissionais da saúde (PERTMED, 2007).

A *pervasive healthcare* questão central do PERTMED está sendo considerada a próxima etapa da *Web-based Healthcare Computing* que oferece vantagens competitivas aos provedores de serviço de saúde; em particular, aumenta a eficiência do serviço, a qualidade e melhora o gerenciamento da relação com o paciente (VARSHNEY, 2003). Este novo sistema de saúde também prevê uma visão de hospital virtual, o qual estende-se para a casa dos pacientes ou lugares onde eles se encontram, onde sensores/dispositivos monitoram as condições ambientais e do paciente e comunicam-se, via rede sem fio, com as centrais médicas para tomada de decisões e ações pertinentes. Experiências nesse sentido estão sendo conduzidas por alguns projetos de pesquisa europeu, como o do *Centre of Pervasive Healthcare* na Dinamarca que desenvolve o projeto *Hospital of the Future* (BARDRAM; BOSSEN, 2005).

Por conseguinte, a computação ubíqua atingirá um volumoso potencial de aplicabilidade na área da saúde. O projeto PERTMED (PERTMED, 2007) tem como motivações contribuir para que sejam superados alguns desafios de área de saúde dentre eles destaca-se:

- dificuldade de acesso a serviços especializados em regiões remotas ou carentes;
- custo elevado para o transporte de pacientes, especialmente de áreas pobres e rurais;
- interrupções e atrasos na sequência do tratamento.

Segundo o projeto PERTMED (PERTMED, 2007) a questão que permeia esses três problemas é o acesso a informação de onde ela é gerada para onde ela é necessária, em tempo razoável e compatível com a gravidade da situação sendo tratada. A rapidez da decisão médica depende da pronta disponibilidade destas informações, sendo este o fator decisivo para a qualidade dos serviços prestados. Acesso à informação pode ser usado para substituir o transporte, por exemplo, um “paciente virtual” (formado por um conjunto de informações sobre seu estado de saúde, obtidos através de sensores) pode ser acessado a longas distâncias por um especialista remoto.

Com a introdução da computação ubíqua na área da saúde, objetiva-se dentre outros aspectos, prover uma contribuição no sentido de superação de desigualdades regionais

e sócioeconômicas, relativas ao acesso às informações dos sistemas de saúde (PERTMED, 2007).

Em termos científicos, o foco do projeto é avaliar o potencial de aplicabilidade de algumas estratégias e tecnologias usadas na computação ubíqua para os sistemas de saúde: (i) credenciais associadas aos modernos códigos de barras multidimensionais (*tags*) e (ii) mecanismos de disseminação pervasiva de dados no ambiente internet móvel (especialmente, *Smartphones*), às informações sobre o PEP, respeitadas as restrições de segurança e privacidade.

O PERTMED (PERTMED, 2007) irá fazer a ligação entre os sistemas automatizados existentes e o médico e demais profissionais de saúde, seja lá qual for o local onde se encontram. Com isso, atende-se a necessidade de flexibilidade e liberdade de movimentação do médico e demais profissionais no atendimento aos pacientes. Também, haverá uma melhoria na agilidade dos serviços uma vez que a informação poderá ser obtida assim que for gerada (resultado de um exame laboratorial, por exemplo). Agilidade promoverá entre outras a redução de filas de atendimento, e do tempo de retorno dos resultados.

Segundo o projeto PERTMED (PERTMED, 2007) outra possibilidades que a tecnologia permite e que pode ser avaliada é a de orientação simples (mensagens) serem enviadas aos pacientes, por exemplo via celular ou *Smartphone*, a partir da decisão do médico. O uso da tecnologia para comunicação médico-paciente irá beneficiar o sistema de saúde, em termos de agilidade no atendimento, no qual contribui para uma melhora na qualidade do serviço prestado.

O acesso a redes de transmissão (banda larga, GSM entre outras) e a computadores portáteis não são a realidade em muitas regiões e hospitais. Porém, um pequeno computador - o telefone celular - está amplamente difundido e está mais presente nas casas do que computadores pessoais com acesso à Internet, segundo dados oficiais (INFOEXAME, 2007). Logo, pode-se tirar vantagens da disponibilidade de comunicação via telefonia móvel, a qual permite independência de lugar e tempo, e começar a explorar seu uso na área de saúde, com o desenvolvimento de aplicações viáveis, simples e eficazes.

O custo de transmissões de dados digitais está ficando mais acessível conforme a revista Infoexame (INFOEXAME, 2007). A tendência é de declínio dos preços a medida que aumenta o uso de aplicações além das conversas telefônicas. As operadoras de telefonia móvel podem oferecer planos especiais a um custo razoável para o uso de aplicações voltadas a área de saúde.

Espera-se que, com o início de cooperação entre as equipes de computação e as equipes médicas das instituições, crie-se uma prática de transferência de tecnologia da pesquisa em computação ubíqua para a saúde, fazendo aplicações reais que usam os conhecimentos gerados como resultado da pesquisa como ocorre em países desenvolvidos (PERTMED, 2007).

Para o desenvolvimento do sistema está sendo utilizado métodos, técnicas e ferramentas de análise e projetos orientado a objetos. Particularmente, usam-se padrões de projetos e diagramas UML (*Unified Modeling Language*) que auxiliam na modelagem do sistema, os quais facilitam futuras alterações/evoluções.

A linguagem utilizada para o desenvolvimento é a plataforma Java. Está foi escolhida pela ampla aceitação, facilidades fornecidas para projetos na área de mobilidade e WEB (*World Wide Web*), e pela portabilidade o que facilita a programação de PDAs, telefones celulares, *Smartphones* entre outros.

O projeto PERTMED (PERTMED, 2007) prevê o uso do EXEHDA como *middleware* direcionado a computação ubíqua.

4.2 Projeto ABC

O projeto ABC (*Activity-Based Computing*) desenvolvido na Universidade de Aarhus, na Dinamarca e conta com a participação da equipe do Hospital de Aarhus e demais pesquisadores (BARDRAM, 2003) (BARDRAM, 2004), (BARDRAM; CHRISTENSEN, 2007), (BARDRAM, 2009).

Segundo Volda (VOIDA, 2002) os princípios do projeto ABC são provenientes de pesquisas iniciadas em 2001 e tomam como base o conceito de *Activity-Based Computing* (ponto de partida da sigla ABC). Este conceito é um paradigma de interação e projeto que explora como os sistemas computacionais podem dar suporte direto a atividades específicas. Através da organização dos recursos em termos de atividades, as aplicações poderão, então manipulá-los, selecionando o mais importante para a sua tarefa.

O objetivo da computação baseado em atividades (ABC) (BARDRAM; CHRISTENSEN, 2007) é investigar a criação de suporte computacional para atividades humanas. Em contraste com as abordagens existentes, que tendem a focalizar os profissionais da informação sentado em uma mesa de escritório, a abordagem dos autores visa fornecer apoio computacional a atividade de trabalho clínico nos hospitais. Em um hospital, os desafios decorrentes da gestão de atividades paralelas e interrupções são potencializados e estão combinado com um elevado grau de mobilidade, colaboração e urgência.

No processo de desenvolvimento do projeto ABC tem como meta, atender cinco temas que refletem algumas ações desempenhadas diariamente em grandes centros hospitalares. São eles: controle e administração de medicamentos por enfermeiros, prescrição de medicamentos por médicos, colaboração, conferências e cirurgia (BARDRAM; CHRISTENSEN, 2007).

De acordo com Bardram e Christensen (BARDRAM; CHRISTENSEN, 2007) os cenários do dia-a-dia dos profissionais da área de saúde, verificando como as tecnologias de *middleware* podem fornecer uma forte fundamentação para soluções ubíquas e móveis. Dentre os cenários indicados pelo grupo de pesquisa destacam-se os seguintes: prescrição médica, através de discussão entre profissionais de saúde sobre medicamentos e dosagens no tratamento de determinados pacientes, baseando-se no diagnóstico de exames; conversas explicativas sobre o diagnóstico e o tratamento com o próprio paciente através do uso de PDAs e aparelho de TV; busca por medicamentos na farmácia do hospital; videoconferência com teleconsulta para telediagnóstico.

O núcleo do *middleware* ABC, conforme figura 4.1, tem duas camadas de base na arquitetura. Uma camada de infraestrutura fornece suporte para persistência propagação do evento, e métodos para sincronizar atividades. Esta camada pode residir em um ou mais servidores e é independente da camada cliente. A camada de infraestrutura é responsável pela persistência de atividades através do componente *Activity Store*, para gerenciar estados de tempo de execução e eventos através do *Activity Manager* e para a distribuição de mudanças de estado e outros dados relacionados através *Collaboration Manager*. O componente *Context Service* mantém registro de usuários e máquinas, bem como seu contexto. A camada é normalmente empregado em um ou mais servidores fisicamente separada da camada de cliente (PEDERSEN; MOGENSEN; BARDRAM, 2006).

A camada cliente é executado em todos os dispositivos ativos e interfaces com o

sistema operacional local, aplicações e dados. O *Activity Controller* fornece modos para retomar e suspender uma atividade, e gerenciar as conexões à infraestrutura bem como a outros clientes. É também dentro desta camada temos implementado mecanismos de comunicação *peer-to-peer* e um esquema de objetos distribuídos. O *Collaboration Controller* permite que uma atividade seja compartilhada. Ao compartilhar uma atividade o estado de todos os serviços na atividade é sincronizado em todos os dispositivos participantes.

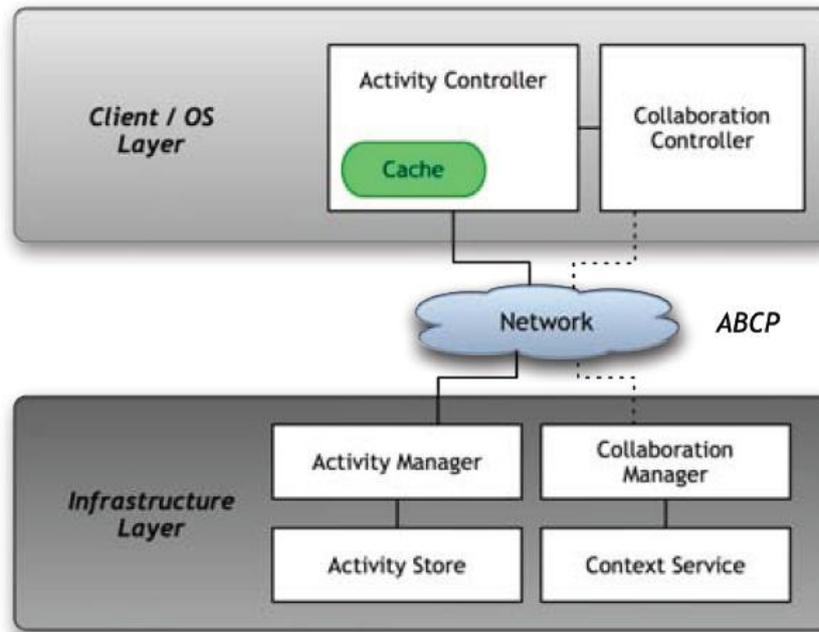


Figura 4.1: O Núcleo do Middleware ABC (PEDERSEN; MOGENSEN; BARDRAM, 2006)

Conforme Bardram (BARDRAM; CHRISTENSEN, 2007) a arquitetura do projeto ABC, exibida na figura 4.2, foi concebida com a finalidade de dar suporte à mobilidade dos usuários, cada profissional deverá carregar um dispositivo de rádio frequência, com o qual ele realiza a autenticação no sistema quando se aproxima de um dos terminais computacionais disponíveis no ambiente. Após ser detectada a presença do usuário junto ao terminal, ele confirma que deseja se logar no sistema. Dessa forma, evita-se o problema de constantes autenticações, gerado pela utilização de vários terminais no decorrer do deslocamento. Quando uma autenticação é realizada, o usuário pode executar novas tarefas ou reativar uma tarefa anteriormente suspensa. Através de *widgets* (pequenas aplicações) direcionados aos usuários, podem ser utilizados mecanismos síncronos ou assíncronos de comunicação, entre os profissionais de diferentes especialidades, permitindo o compartilhamento de informações e mecanismos colaborativos.

Usuários autenticam-se no sistema através do *Activity Bar*, a qual, quando detecta a aproximação de um usuário, a um terminal, e oferece a autenticação deste através da confirmação de que o usuário quer utilizar o sistema. O sistema procura evitar as constantes autenticações utilizando nomes de usuário e senha, presentes em sistemas mais restritivos de autenticação. É através do componente *Activity bar* que o usuário interage com o sistema de sugestão de tarefas da arquitetura (BARDRAM; CHRISTENSEN, 2007).

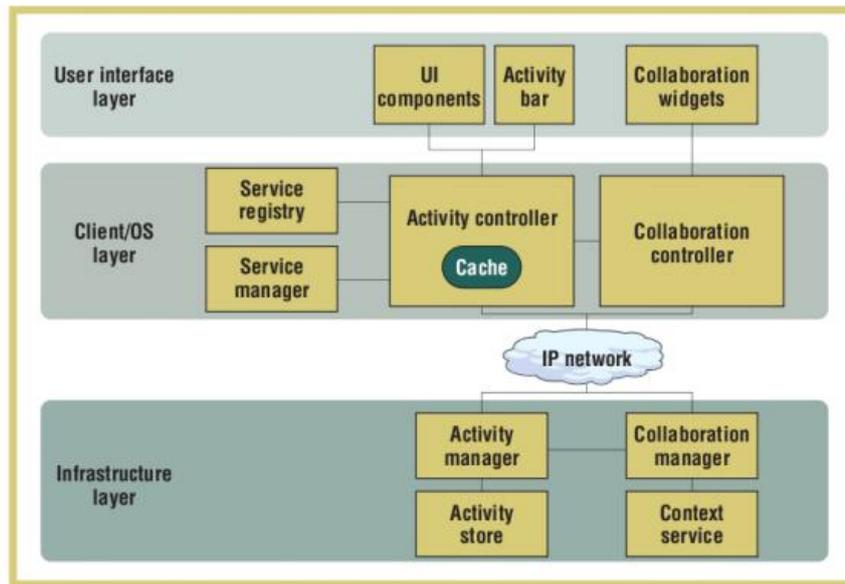


Figura 4.2: Arquitetura do Projeto ABC (BARDRAM; CHRISTENSEN, 2007)

Um característica do ABC é o *roaming* atividade. Este termo refere-se à migração das atividades de um ambiente de computação (por exemplo, um *PC Desktop*) para outro (por exemplo, a visualização na parede da sala de cirurgia, ou uma unidade móvel como o *Tablet PC*). Ao permitir a atividade tanto em *roaming*, suspensão e retomada, a computação baseada em atividades permite o médico interromper uma atividade em um dispositivo e continua-la em outro, com seu estado anterior totalmente restaurada. O sistema deve ser capaz de trazer automaticamente todos os aplicativos e os recursos associados com a atividade, aliviando assim os usuários de restauração manualmente todos os recursos e pontos de vista. Outra característica é a sensibilidade ao contexto no qual monitora continuamente e obtém informações de contexto do ambiente ubíquo. Pode ser acessado de aplicações médicas ou pode ser configurado para notificar aplicações de acordo com o desejado, e com relação a mobilidade o projeto ABC visa atender uma área restrita como um hospital, por exemplo portanto só contempla a mobilidade local (BARDRAM, 2003) (BARDRAM, 2009) .

Em um *workshop* realizado em um hospital, a equipe de Bardram constatou que os médicos preferiram não levar um *Tablet PC* porque, era muito pesado, e grande para caber no bolso do avental branco, e difícil de lidar com ele na frente do paciente. O PDA foi considerado mais adequado, mas devido ao seu tamanho de exibição limitada, vida limitada da bateria, e falta de teclado, era percebida como útil apenas para algumas tarefas simples, como verificação do PEP ou fazer uma entrada de dados simples. Em vez disso, os clínicos preferiram usar dispositivos públicos distribuídos ao redor do hospital para trabalho clínico, e um *laptop* para um trabalho mais pessoal (BARDRAM, 2009).

A possibilidade de suspender o trabalho em um local e retomá-lo mais tarde, em outra foi muito apreciado, uma vez que permitiu um ou mais médicos colaboram para ter acesso fácil e rápido às informações.

Segundo Bardram (BARDRAM, 2009) os médicos acharam útil ser capaz de agrupar logicamente em conjunto, em uma atividade, todos os recursos e materiais relativas ao tratamento de um paciente específico, incluindo os recursos digitais, tais como registros

médicos, gráficos de medicina, resultados de laboratório e imagens de Raio-X.

Os experimentos com o *Framework ABC* também apontaram para uma série de desafios e áreas a serem aperfeiçoadas. Por exemplo, a falta de integração com outras aplicações clínicas hospitalares, o problema do *roaming* (migração automática) de uma aplicação de um equipamento com uma resolução, para outro com recursos diferentes de tela, a escalabilidade de muitas atividades e a falta de suporte para a colaboração baseada em funções (BARDAM, 2009).

4.3 Projeto Awareness

O projeto Awareness (WEGDAM, 2005) propõe um *middleware* de propósitos gerais para computação ubíqua, e que utiliza a medicina como cenários de experimentos. Através desta proposta, pacientes podem ser monitorados à distância pelos profissionais de saúde.

Segundo Wegdam (WEGDAM, 2005) este projeto foi desenvolvido em colaboração entre os setores industriais e acadêmicos na Holanda, através da *University of Twente* e a *Lucent Technologies*, dentre outros institutos. O foco do projeto Awareness é a infraestrutura para a sensibilidade ao contexto que habilita a responsividade das aplicações e valida isto utilizando protótipos de aplicações móveis direcionados a área de saúde. Com o uso dessa infraestrutura de *software*, torna-se possível o monitoramento de pacientes à distância seu emprego é particularmente indicado para pacientes que estão em situação delicada de saúde.

As aplicações móveis de saúde tornam possível monitorar pacientes com doença perigosas, e até mesmo emitir alertas. Pequenos sensores médicos combinada com uma maior largura de banda e tecnologias de redes móveis confiáveis tornam possível esta realidade do paciente ser controlado em qualquer lugar. Hoje em dia, em muitos pacientes, as situações são muito limitados em suas vidas e, muitas vezes tem que ficar dentro de um centro especializado de assistência médica ou em suas casas a fim de evitar manifestações imprevistas de sua doença, por exemplo ataque epiléptico ou de hipoglicemia em diabéticos, especialmente durante o tempo que o seu tratamento está para ser iniciado, ou ajustado. Isto lhes permite viver uma vida mais normal, e melhorar sua qualidade de vida e bem-estar. Awareness pretende investigar e demonstrar a viabilidade do tratamento de saúde móveis, ou seja, um tratamento independente de tempo e lugar utilizando um contexto de infraestrutura de serviços móveis conscientes (WEGDAM, 2005).

A arquitetura do Awareness é composta por 3 camadas: infraestrutura de rede, infraestrutura de serviços e aplicações móveis na área de saúde. Essa arquitetura pode ser visualizada na figura 4.3.

De acordo com Wegdam (WEGDAM, 2005) a primeira camada é responsável pelo acesso e uso das redes de comunicação, incluindo suporte à sensibilidade ao contexto. A camada de infraestrutura de serviços é responsável por entregar os serviços requeridos pela aplicação aos seus usuários finais. E por fim, a camada das aplicações provê sistemas voltados à área de saúde. Elas trabalham numa plataforma BAN (*Body Area Network*), que coleta dados através de sensores e os envia para os centros de tratamento e profissionais de saúde. A dinamicidade dos ambientes de computação móvel coloca novos desafios para essas aplicações em saúde, sobretudo em se tratando das condições de sinal, redução de dados (limitação de banda) e detecção automática de falhas nos sensores.

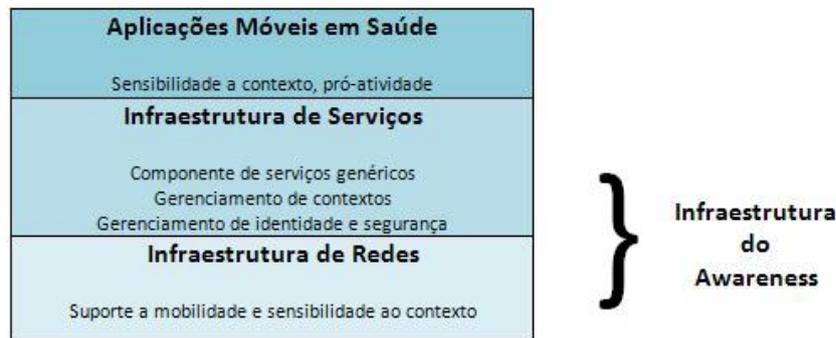


Figura 4.3: Camadas do Awareness (adaptada de (WEGDAM, 2005))

O projeto de Awareness está trabalhando em um infraestrutura que suporta sensibilidade de contexto para aplicações móveis de uma forma segura e consciente de privacidade. A infraestrutura do Awareness suporta mudanças de contexto e outras funcionalidades, como gerenciamento de identidade, gestão de utilizadores, autorização de presença e de descoberta. As funcionalidades são dissociados da lógica da aplicação e torna mais fácil desenvolver aplicativos de terceiros cientes do contexto (WEGDAM, 2005). O Awareness oferece infraestrutura de mobilidade sensível ao contexto em um ambiente de rede dinâmica, a mobilidade é suportada em duas formas: (i) a rede tem o contexto do usuário em conta, quando o controle de conectividade é fornecido ao usuário, por exemplo protocolos de roteamento dinâmico, as configurações de segurança e seleção de rede são obtidas. (ii) a rede é uma fonte de informações de contexto, para obter informações instância de presença e a largura de banda disponível (WEGDAM, 2005).

Conforme o autor Wegdam (WEGDAM, 2005) o Awareness promoverá um serviço móvel de saúde, que irá recolher sinais vitais e outras informações do paciente e usar as informações de contexto para colocar os mesmos à disposição dos profissionais de saúde que tomarão as providências necessárias.

4.4 Projeto UbiDoctor

O projeto UbiDoctor proposto por Diniz (DINIZ, 2009) da Universidade Federal de Pernambuco é uma arquitetura de serviços de *middleware* e uma aplicação protótipo que objetiva dar suporte à natureza nômade e fragmentada do trabalho médico. A aplicação protótipo é chamada UHSys (*Ubiquitous Health System*) que utiliza como cenário o ambiente UHS (*Ubiquitous Health Service*), através do qual médicos têm acesso, a qualquer hora, de qualquer lugar e usando qualquer dispositivo, a dados de pacientes contidos em PEPs. É facultado ao médico através da aplicação que ele solicite pareceres a outros colegas com relação a casos clínicos que estejam sob sua análise, bem como permite que este mesmo médico responda a solicitações de pareceres que lhes foram requisitadas.

De acordo Diniz (DINIZ, 2009) o sistema UHSys é um sistema de PEP que permite que o médico faça acesso, usando qualquer dispositivo e em qualquer hora e lugar (ou seja, de maneira ubíqua), a informações de prontuários de pacientes distribuídos entre os hospitais e unidades de saúde credenciados ao ambiente. Também é permitido que o médico faça solicitações de segunda opinião médica e analise possíveis solicitações de

pareceres enviadas a ele.

A aplicação utiliza o *middleware* através das bibliotecas dos serviços de gerenciamento de contexto, de sessão e de adaptação de conteúdo. Os serviços apresentados poderão ser também usados em outros ambientes com características e requisitos similares, já que aparecem como serviços interoperáveis do *middleware*.

Segundo Diniz (DINIZ, 2009) no protótipo não foram considerados problemas relacionados à heterogeneidade da informação que está representada nas várias bases de dados nos PEPs. Embora a dificuldade de integração da informação seja conhecida, este problema ainda não foi resolvido. A aplicação possibilita ainda que o médico inicie uma sessão usando um dispositivo e no decorrer da mesma, realize a sua migração a um outro dispositivo diferente. A migração deve ser realizada com garantias de persistência nos dados e ainda, na menor fração de tempo possível, permitindo assim, um aumento de produtividade no trabalho médico. O suporte a ser dado para a realização da migração sem perdas de conteúdo ou de tempo é oferecido pelo serviço de gerenciamento de sessão e de contexto. É necessário ainda adaptar o conteúdo a ser mostrado ao médico, dependendo do dispositivo que ele utilize, e para isto, o UHSys faz uso do serviço de gerenciamento de contexto e do serviço de adaptação de conteúdo do UbiDoctor.

A figura 4.4 apresenta a arquitetura do UHSys. Na base da arquitetura estão os serviços do *middleware* UbiDoctor. O serviço de mais baixo nível é o de gerenciamento de contexto, que presta suporte aos serviços de gerenciamento de sessão e adaptação de conteúdo. Acima do *middleware*, existem os servidores de aplicação dos PEPs. Estes servidores estão distribuídos no ambiente e podem ser acessados através de um servidor WEB, que no caso específico da prototipação deste trabalho, foi utilizado o servidor de *Web Apache TomCat* (TOMCAT APACHE, 2009). Este conjunto de componentes constitui o módulo *back-end* do cenário, ou seja, a parte referente aos serviços (de *middleware* e de aplicação) oferecidos aos usuários.

Conforme Diniz (DINIZ, 2009) no *front-end* do sistema, existem usuários que acessam o ambiente através de *Smartphones*, fazendo uso de uma interface desenvolvida em JME (*Java Micro Edition*), ou usuários que utilizam a interface *web-browser* de seus computadores pessoais e PDAs. Através do *front-end*, um médico poderá consultar um PEP e acrescentar informações demográficas, clínicas, exames, prescrições, dentre outros dados. Os dados do paciente podem estar distribuídos na rede UHS e o médico poderá ter acesso a eles de seu consultório, de sua casa, em locais de lazer ou em trânsito, usando para isto, um dispositivos móvel ou não e com várias possibilidades de redes de acesso.

O UbiDoctor propõe-se utilizar uma solução baseada em *middleware*, na qual os serviços propostos localizam-se na subcamada de serviços comuns conforme definido por Schmidt (SCHMIDT, 2000), podendo ser re-usados em outros ambientes com características e requisitos similares. Este conjunto de serviços que dão suporte ao ambiente UHS (*Ubiquitous Health Service*) provê a realização das seguintes tarefas (DINIZ, 2009):

- suporte à adaptação de conteúdo em ambientes sensíveis a contexto, considerando as configurações heterogêneas dos dispositivos e a abrangência da rede;
- suporte ao gerenciamento de sessão, com objetivo de proporcionar a migração de aplicações, manutenção e persistência de sessões;
- suporte à execução de serviços de PEP, distribuídos nos hospitais da rede ou postos de saúde, bem como, a integração entre todos os seus usuários.

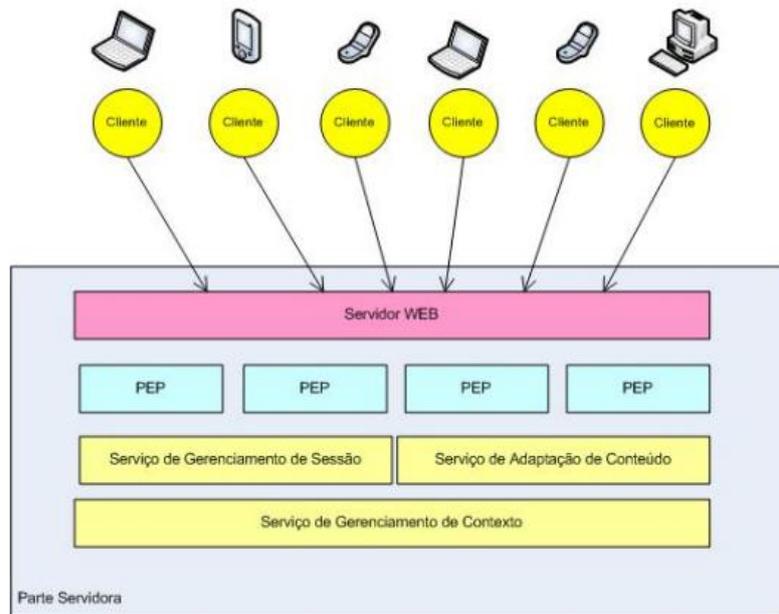


Figura 4.4: Arquitetura do Protótipo UHSys (DINIZ, 2009)

No ambiente UHS, o tratamento a ser dado a essas situações pode ser obtido através do apoio dos serviços de gerenciamento de contexto, de gerenciamento de sessão e adaptação de conteúdo providos pelo *middleware* UbiDoctor. A arquitetura de serviços do UbiDoctor é apresentada na figura 4.5.

Os serviços de adaptação de conteúdo e gerenciamento de contexto tentam minimizar o problema dos diferentes tamanhos de telas e configurações dos dispositivos envolvidos no cenário. Os serviços de gerenciamento de contexto e de gerenciamento de sessão também tratam as possíveis interrupções durante a realização da migração de aplicações. Por fim, o serviço de gerenciamento de sessão preocupa-se ainda com os possíveis atrasos envolvidos no processo de migração da mesma.

A sensibilidade ao contexto é provida pelo serviço de gerenciamento de contexto que trabalha seguindo a abordagem *publish/subscribe* relacionando os monitores e o gerenciador de contexto. No caso da localização, percebe-se que a mudança da variável de contexto deve ser percebida de forma espontânea (*ad hoc*), sem necessariamente ter uma iniciativa do médico em informar que está entrando ou saindo de um determinado hospital ou postos de saúde. O próprio monitor deverá perceber essa mudança e informar ao gerenciador. Como o monitor é um publicador de eventos (*publisher*) associados à mudança da variável de localização e o gerenciador de contexto é um assinante (*subscriber*), este último será avisado desta mudança.

Como os serviços propostos pelo UbiDoctor operam na camada de serviços comuns, é necessário que as subcamadas inferiores do *middleware*, segundo o modelo de Schmidt (SCHMIDT, 2000), dêem suporte à inferência de localização e informações de contexto.

Segundo Diniz (DINIZ, 2009) para avaliação do conjunto de serviços propostos pelo UbiDoctor foram elaboradas duas análises: a primeira delas foi uma análise quantitativa, e a segunda, uma análise qualitativa referente ao uso dos serviços a partir do aplicativo UHSys. Através da pesquisa quantitativa foi possível observar qual era o impacto

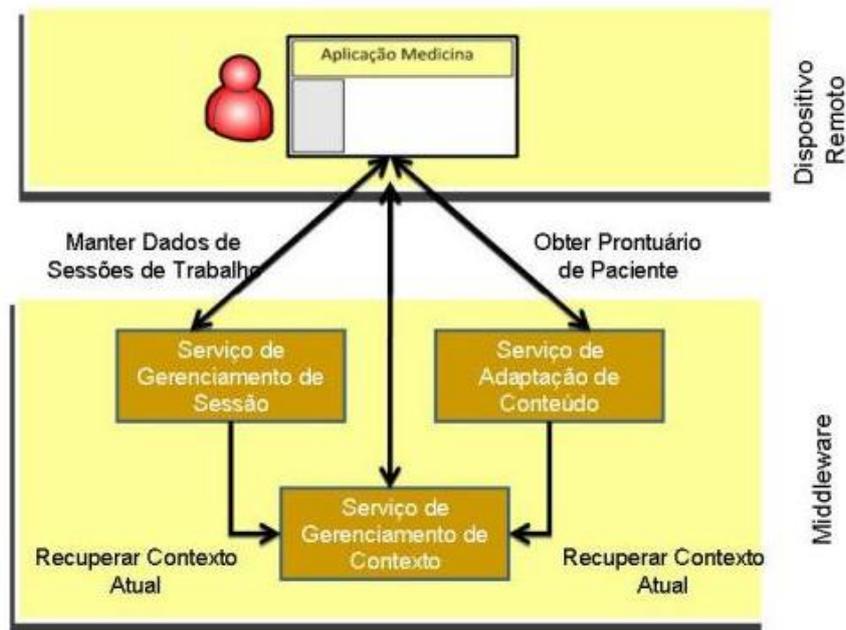


Figura 4.5: Arquitetura de Serviços UbiDoctor (DINIZ, 2009)

do tempo de migração de sessões considerando-se três experimentos. Para o primeiro experimento, foi considerado o uso de um *Desktop* para suspender e outro para resgatar a sessão. No segundo experimento, considerou-se um *Smartphone* como dispositivo de origem, usado portanto para suspender a sessão e um *Desktop* para resgatá-la. Por fim, no terceiro experimento, foi utilizado um *Desktop* para suspender a sessão e um *Smartphone* para resgatá-la. Para cada um destes experimentos, o tempo de migração foi observado para duas atividades avaliadas. O objetivo foi verificar se o impacto do uso dos serviços seria baixo em relação aos 51 segundos obtidos pelo estudo de observação de Tentori e Favela (TENTORI; FAVELA, 2008), no qual diz que um profissional de saúde leva em média 51 segundos na mudança de uma atividade para outra.

Conforme os experimentos realizados, o tempo de migração total observado é mínimo, de modo a representar um baixo impacto no tempo observado entre duas atividades executadas sucessivamente. Isto significa que, por exemplo, um médico quando está acessando dados de um PEP em um *Notebook* e é interrompido por um chamado de urgência no hospital, poderá migrar sua sessão e ter a possibilidade de concluí-la até chegar ao local de sua próxima atividade. Isto pode permitir um aumento na produtividade durante a realização de suas atividades de rotina.

De acordo com Diniz (DINIZ, 2009) foi possível verificar situações que os médicos solicitariam a migração de aplicações e se eles julgarem que o processo aconteceria em um tempo razoável.

Portanto essa conclusão reforça a hipótese de que se o tempo de migração de sessão foi pequeno, ainda que seja necessário adaptar conteúdo, os médicos acreditariam na possibilidade de ganho de produtividade.

4.5 Projeto ClinicSpace

O projeto ClinicSpace, desenvolvido pelo grupo de pesquisa GMob da Universidade Federal de Santa Maria, visa a utilização de tecnologias providas pela computação ubíqua para o auxílio aos profissionais clínicos na execução de suas tarefas nos ambientes hospitalares. Ressalta-se que, mesmo o sistema ubíquo devendo ser pró-ativo (agir em nome do usuário), esse deve levar em conta que o usuário deseja manter a sua forma de executar o seu trabalho. Dessa forma, objetiva-se fornecer mecanismos que permitam aos usuários interagir e personalizar o sistema, adequando-o melhor a sua forma de executar as tarefas. Argumenta-se que a personalização do modo como cada um executa suas atividades, aliado a soluções da ubiquidade, pode levar a diminuir a rejeição dos sistemas computacionais dentro do ambiente hospitalar (SILVA, 2010).

O projeto propõe a definição de uma ferramenta piloto, conforme pode ser visualizado na figura 4.6, na forma de uma interface, para a personalização de tarefas, realizada pelo próprio usuário (médicos) com vistas ao gerenciamento de suas atividades clínicas, relativas a diagnóstico, tratamento, laboratorial e administrativas. O sistema proposto é visto como um assistente, auxiliando o médico a executar as tarefas que compõem suas atividades profissionais diárias.



Figura 4.6: Protótipo do ClinicSpace (SILVA, 2010)

Segundo Silva (SILVA, 2010) a arquitetura para a programação e gerenciamento personalizado das tarefas, mostrada na figura 4.7, foi organizada em níveis que refletem as visões do sistema: (i) nível superior, é composto pelo usuário final (médico) que interage com a ferramenta para (re)programar suas tarefas que executarão num ambiente pervasivo; (ii) nível intermediário, é composto pelo mapeamento entre tarefas (definidas pelo usuário) e subtarefas (aplicações pervasivas) e pelo gerenciamento de ambas; (iii) nível inferior, é composto pelo conjunto de serviços do *middleware* de gerenciamento do ambiente pervasivo e de suporte à execução das aplicações pervasivas. *Middleware* empregado no projeto ClinicSpace é o EXEHDA (YAMIN, 2005).

A execução das tarefas é gerenciada pelo *middleware* EXEHDA (YAMIN, 2005). Porém, como o EXEHDA não foi desenvolvido para ser orientado a tarefas, a introdução do conceito de orientação a tarefas (*activity-driven* ou *task-oriented computing*) exigiu

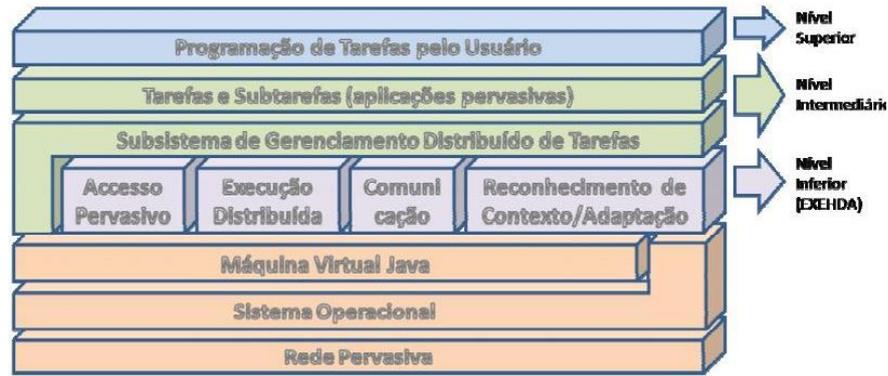


Figura 4.7: Arquitetura para Programação e Gerenciamento de Tarefas (SILVA, 2010)

a inserção de um novo subsistema no *middleware*, estendendo suas funcionalidades. O novo SGDT (Subsistema de Gerenciamento Distribuído de Tarefas) tem a função de fazer a ponte entre tarefas e aplicações pervasivas, conforme definidas na arquitetura do *middleware*, auxiliando no processo de conversão de tarefas-aplicações. Portanto, o SGDT é responsável por gerenciar, em alto nível, as tarefas, delegando o gerenciamento das subtarefas (aplicações pervasivas) para os subsistemas atuais do EXEHDA (SILVA, 2010).

No entanto a arquitetura do EXEHDA (YAMIN, 2005) provém de forma nativa vários serviços dentre eles: sensibilidade de contexto (fornecido na forma de *framework*), monitoramento, distribuição, adaptação, entre outros.

Os eventos programáveis pelo usuário (intervenção), e uma funcionalidade do EXEHDA (YAMIN, 2005), responsável por receber os parâmetros informados pelo usuário e realizar as operações necessárias para sua efetivação na arquitetura.

A intervenção no ClinicSpace ocorre através dos atuadores que são controlados pelo SGCT, utilizando os serviços base de monitoramento de sensores e, contexto do EXEHDA (YAMIN, 2005). No momento de sua construção, é especificado um ou mais gatilhos monitorados pelo *middleware* e que, quando atingidos, são responsáveis por executar a ação prevista pelo atuador. Salienta-se que os atuadores são entidades construídas com um propósito específico, onde é permitido ao usuário ligá-los às tarefas que desejar, personalizando o valor dos elementos de disparo. O agendamento é um exemplo de atuador, onde seu gatilho principal é constituído pela data e hora.

Para o desenvolvimento do projeto ClinicSpace, buscou-se o suporte fornecido por guias clínicos e estudos realizados junto a profissionais da saúde para nortear o desenvolvimento do sistema. As tarefas do usuário no caso profissionais de saúde, são executadas em um ambiente dinâmico, o que implica na necessidade da arquitetura oferecer suporte a um conjunto de características, necessárias as tarefas, sendo (RIZZETTI, 2010):

- decomposição, recombinação e reuso - tarefas são formadas por subtarefas reusáveis. Essas subtarefas podem ser re combinadas de diversos modos para formar diferentes tarefas; como diferentes tarefas possuem subtarefas em comum, elas podem ser reutilizadas para desenvolver novas tarefas e assim reaproveitar a programação das subtarefas já implementadas;
- interrupção (preemptáveis) - as tarefas podem ser suspensas e retomadas mais tarde (semelhante ao modelo de co-rotina);

- mobilidade e adaptabilidade - podem migrar e se adaptar para acompanhar o usuário em movimento (semântica siga-me);
- contextualização - as tarefas são associadas a um contexto, o que pode ocorrer dinamicamente. O contexto, assim como as próprias tarefas, são elementos modularizados, programáveis pelo usuário, capazes de proporcionar suporte a recombinação e reuso entre diferentes tarefas.

Na interação do usuário com o ambiente pervasivo, como por exemplo, em um hospital, mais especificamente na movimentação pelo ambiente, existem três casos que são considerados (RIZZETTI, 2010):

- i. O usuário pode se locomover dentro do ambiente pervasivo portando um dispositivo móvel. Nesse caso, não há desconexão, e a sessão do usuário permanece ativa durante o deslocamento.
- ii. O usuário ao sair do dispositivo onde estava trabalhando, o sistema encerra a sessão aberta, interrompendo e armazenando as tarefas que estavam em execução. Ao aproximar-se de outro dispositivo, seu login é habilitado nesse dispositivo, bastando o usuário logar-se para que sua sessão seja restaurada, e suas tarefas sejam mostradas na tela do dispositivo.
- iii. O usuário pode migrar de dispositivo. Nesse caso, ele pode deslogar-se do dispositivo que está usando e logar-se no que irá utilizar. Ou, simplesmente, logar-se no dispositivo que irá utilizar, fazendo com que o sistema encerre sua sessão no dispositivo que estava sendo utilizado. Em ambos os casos, as tarefas em execução são interrompidas, armazenadas e disponibilizadas para continuação na tela do dispositivo no qual o usuário se logou.

Conforme Rizzetti (RIZZETTI, 2010) o projeto ClinicSpace, conforme discutido anteriormente, visa construir uma arquitetura para facilitar a execução de tarefas computacionais no meio clínico. Para isso, utiliza-se o paradigma de computação orientada à tarefa (*Task Computing*), com forte foco na questão de personalização de tarefas pelo usuário médico. Um dos aspectos fundamentais do ambiente pervasivo é fornecer a capacidade do ambiente atuar como fornecedor de informações para a arquitetura, liberando o usuário da entrada explícita de dados tanto quanto possível, através da obtenção destes por um sistema de monitoramento, o qual pode ser implementado através de sensores físicos ou lógicos que permitem ao sistema obter os dados de que necessita.

De acordo com Silva (SILVA, 2010) testes de campo não poderão ser realizados devido a disponibilização do protótipo da arquitetura de gerenciamento e execução das tarefas, o projeto ClinicSpace, até o momento não está totalmente concluído.

4.6 Síntese de Trabalhos Relacionados

Foram apresentados cinco trabalhos relacionados, (PERTMED, ABC, Awareness, UbiDoctor e ClinicSpace) respectivamente. Observa-se que os cinco apresentam soluções de *middleware* e serviços para ambientes de medicina ubíqua. Alguns, utilizam como cenário a rotina diária de um hospital, inclusive utilizando sensores, em alguns casos, equipamentos ubíquos espalhados em alguns setores hospitalares, outros utilizam como

cenário o monitoramento de pacientes à distância. Também estão associados a interações entre médicos e pacientes ou entre grupos de médicos, de modo a prover, em alguns casos, a participação do paciente no tratamento.

Na tabela abaixo é verificado se determinadas características estão ou não presentes nos trabalhos relacionados:

- abrangência: os trabalhos relacionado contemplam mobilidade remota (no qual atende uma área extensa por exemplo, região metropolitana) ou mobilidade local (no qual atende uma área restrita por exemplo, um hospital);
- adaptação: preocupa-se com o desconforto no uso de alguns dispositivos portáteis permitindo a migração das sessões para dispositivos mais adequados. Para oferecer suporte a essa multiplataforma, existe o serviço de adaptação de conteúdo;
- sensibilidade: em um ambiente ubíquo contém diferentes dispositivos, tais como (sensores, atuadores, eletroeletrônicos, computadores, etc.) que interagem. Afim de coletar informações sobre o ambiente onde está sendo utilizado, existe o serviço de sensibilidade ao contexto;
- intervenção: consiste em uma funcionalidade, que permite realizar ações sobre o meio físico. No entanto, estas ações podem ser realizadas de acordo com políticas e parâmetros como: tipo de ação (ex. ligar, desligar), tempo de duração (ex. ligar por dez minutos), potência (ex. ligar na velocidade máxima), entre outras variações específicas de cada atuador. Nesta perspectiva, o atuador participa das rotinas da arquitetura;
- automática: consiste na coleta automatizada de dados e seu respectivo processamento. Em função do processamento dos dados no Servidor de Contexto poderam ser disparados alertas para os profissionais de saúde.

Tabela 4.1: Síntese de Trabalhos Relacionados

Projetos	Abrangência	Adaptação	Sensibilidade	Intervenção	Automática
PERTMED	Remota	Sim	Sim	Sim	Sim
ABC	Local	Sim	Sim	Sim	Sim
Awareness	Remota	Sim	Sim	Sim	Sim
UbiDoctor	Remota	Sim	Sim	Não	Não
ClinicSpace	Remota	Sim	Sim	Sim	Sim

Conforme pode ser observado na tabela 4.1 alguns projetos analisados possuem características em comum, contudo com a pesquisa destes trabalhos foi possível conhecer um pouco sobre a área de medicina ubíqua seus objetivos e desafios a serem vencidos. O estudo destes projetos foi fundamental para esta dissertação de mestrado.

4.7 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo apresentou alguns projetos relevantes na área de medicina ubíqua apontando suas funcionalidades e benefícios, assim como restrições a serem vencidas para uma melhor eficácia de seus serviços. Por fim foi apresentado uma tabela comparativa abrangendo os projetos abordados neste capítulo. No próximo capítulo é apresentado uma revisão arquitetura do *middleware* EXEHDA apontado seus aspectos funcionais e arquiteturais sua organização e subsistemas e por fim as principais características do EXEHDA-SS.

5 MIDDLEWARE EXEHDA

Este capítulo registra de modo resumido a revisão feita sobre o *middleware* EXEHDA (YAMIN, 2004) e seus subsistemas, de modo mais detalhado é introduzido o serviço do EXEHDA-SS (VENECIAN, 2010), o qual é empregado na arquitetura do uMED.

O EXEHDA (YAMIN, 2004) é um *middleware* adaptativo ao contexto e baseado em serviços que visa criar e gerenciar um ambiente ubíquo, bem como promover a execução, sob este ambiente, das aplicações que expressam a semântica siga-me. Estas aplicações são distribuídas, móveis e adaptativas ao contexto em que seu processamento ocorre, estando disponíveis a partir de qualquer lugar, todo o tempo (LOPES; PILLA; YAMIN, 2007).

5.1 Aspectos Funcionais e Arquiteturais

De acordo com Yamin (YAMIN, 2004) o EXEHDA é um *middleware* que compõem o projeto ISAM (ISAM, 2009), dirigido para às aplicações distribuídas, móveis e sensíveis ao contexto da computação ubíqua. A seguir são apresentadas premissas a serem alcançadas na concepção do EXEHDA.

5.1.1 Premissas de Pesquisa do EXEHDA

As principais premissas de pesquisa do *middleware* EXEHDA, são apresentadas considerando, a dinamicidade e heterogeneidade do ambiente de processamento, o controle da adaptação, o suporte às mobilidades lógica e física e o suporte da semântica siga-me.

5.1.1.1 Dinamicidade e Heterogeneidade do Ambiente de Processamento

A movimentação do usuário (mobilidade física), aspecto típico da computação ubíqua, determina a execução de aplicações a partir de diferentes dispositivos e/ou pontos da rede global, nos quais a oferta e/ou disponibilidade dos recursos computacionais é variável. Disto decorre:

- alta flutuação na banda passante disponível para as comunicações;
- equipamentos de usuários com grandes diferenças nos atributos de *hardware* e sistema operacional;
- diferentes infraestruturas para conexão à rede global.

5.1.1.2 Suporte a Sensibilidade ao Contexto

A gerência da adaptação pode surgir no limite de dois extremos: (i) no primeiro, denominado *laissez-faire*, a aplicação é responsável por toda a adaptação que será realizada; por sua vez, no segundo extremo, (ii) denominado *application-transparent*, o sistema é encarregado de gerenciar toda a adaptação que vier a ocorrer. No entanto, nenhuma dessas estratégias pode ser considerada a melhor. Uma estratégia diferente pode ser requerida para cada circunstância e/ou aplicação. Há situações, por exemplo, onde o código fonte da aplicação não está disponível e a estratégia a ser utilizada deve ser a *application-transparent*. Em outros casos, pode ser mais conveniente incluir apenas na aplicação os mecanismos adaptativos, sem envolver o ambiente de execução. Logo, a proposta para o EXEHDA é modelar um *middleware* que possibilite uma estratégia colaborativa com a aplicação nos procedimentos de adaptação. Deste modo, considerando a natureza da aplicação, o programador poderá definir a distribuição de responsabilidades entre a aplicação e o *middleware* no processo de adaptação.

5.1.1.3 Suporte às Mobilidades Lógica e Física

Genericamente computação móvel se refere a um cenário onde todos, ou alguns nodos que tomam parte no processamento, são móveis. Desta definição podem derivar diferentes interpretações. Em um extremo, a mobilidade leva em conta as necessidades dos usuários nômades, isto é, usuários cuja conexão na rede ocorre de posições arbitrárias e que não ficam permanentemente conectados. Em outro extremo, estão os usuários móveis, os quais retêm a conectividade durante o deslocamento, tipicamente explorando conexões sem fio. Sendo assim, a computação móvel é caracterizada por três propriedades: mobilidade, portabilidade e conectividade.

Na proposta do EXEHDA estas propriedades oferecem dois desafios de pesquisa: (i) os segmentos sem fio da rede global levantam novas condições operacionais, entre as quais se destaca a comunicação intermitente. A ocorrência de desconexões de nodos no ambiente móvel, sejam estas voluntárias ou não, é mais uma regra do que uma exceção; (ii) a natureza dinâmica do deslocamento do *hardware* e do *software* na rede global introduz questões relativas tanto à identificação física dos nodos quanto à localização dos componentes de *software* que migram.

Estes desafios apontam para a necessidade de mecanismos dinâmicos que realizem o mapeamento dos componentes móveis, de modo a viabilizar sua localização e permitir a interação com os mesmos. Logo, o *middleware* para suporte à computação ubíqua deve levar em conta essas limitações, de modo que as aplicações não percam sua consistência quando um componente de *software* migrar entre nodos da rede global, ou quando um nodo temporariamente não estiver disponível por estar desligado ou sem conexão, ou ainda trocar sua célula de execução em função do deslocamento.

O *middleware* deverá viabilizar a semântica siga-me das aplicações ubíquas. A localização é um fator determinante para os sistemas com mobilidade, pois a localidade influi significativamente no contexto disponibilizado para os mecanismos de adaptação. O contexto representa uma abstração peculiar da computação ubíqua, e inclui informações sobre recursos, serviços e outros componentes do meio físico de execução. Nesta perspectiva, o ambiente de execução deve fornecer informações de contexto que extrapolam a localização onde o componente móvel da aplicação se encontra.

5.1.1.4 Suporte a Semântica Siga-me

Segundo Yamin (YAMIN, 2004) proporcionar suporte à semântica siga-me é uma das contribuições centrais do EXEHDA ao Projeto ISAM. No EXEHDA, este suporte é construído pela agregação de funcionalidades relativas ao reconhecimento de contexto, ao acesso pervasivo e à comunicação. Como estratégia para tratamento da complexidade associada ao suporte da semântica siga-me, no EXEHDA é adotada a decomposição das funcionalidades de mais alto nível, recursivamente, em funcionalidades mais básicas. Nesta ótica, no EXEHDA o reconhecimento de contexto está relacionado com dois mecanismos: (i) um de monitoração que permite inferir sobre o estado atual dos recursos e das aplicações, e (ii) outro que pode promover adaptações funcionais e não funcionais, tendo em vista o contexto monitorado.

Entende-se por adaptação não-funcional a capacidade do sistema atuar sobre a localização física dos componentes das aplicações, seja no momento de uma instanciação do componente, seja, posteriormente, via migração do mesmo. Ambas operações demandam a existência de mecanismo para instalação sob demanda do código, assim como mecanismos para descoberta e alocação dinâmicas de recursos e acompanhamento de seu estado. Já a adaptação funcional consiste na capacidade do sistema atuar sobre a seleção da implementação do componente a ser utilizado em um determinado contexto de execução. Novamente surge a necessidade do suporte à instalação de código sob demanda. A funcionalidade da instalação sob demanda implica que o código a ser instalado esteja disponível em todos os dispositivos nos quais este venha a ser necessário. Considerando as dimensões do ambiente ubíquo, é impraticável manter a cópia de todos os possíveis códigos em todos os eventuais dispositivos. Procede daí a necessidade de um mecanismo que disponibilize acesso ubíquo ao repositório de código, mecanismo este, que deve considerar fortemente o aspecto escalabilidade. O aspecto de mobilidade, tanto dos componentes das aplicações quanto do usuário, inerente à semântica siga-me, faz-se necessária uma estratégia de comunicação caracterizada pelo desacoplamento espacial e temporal.

5.1.2 Organização do EXEHDA

O *middleware* EXEHDA tem como objetivo definir a arquitetura para um ambiente de execução destinado às aplicações da computação ubíqua, no qual as condições de contexto são pró-ativamente monitoradas, e o suporte à execução deve permitir que tanto a aplicação como ele próprio utilizem estas informações na gerência da adaptação de seus aspectos funcionais e não-funcionais. Entende-se por adaptação funcional aquela que implica a modificação do código sendo executado. Por sua vez, adaptação não funcional, é aquela que atua sobre a gerência da execução distribuída. Também a premissa siga-me das aplicações ubíquas deverá ser suportada, garantindo a execução da aplicação do usuário em qualquer tempo, lugar e dispositivo (YAMIN, 2004).

As aplicações alvo são distribuídas, adaptativas ao contexto em que executam e compreendem a mobilidade lógica e a física. Na perspectiva do EXEHDA, entende-se por mobilidade lógica a movimentação entre dispositivos de artefatos de *software* e seu contexto, e por mobilidade física o deslocamento do usuário, portando ou não seu dispositivo (ISAM, 2009).

5.1.2.1 Arquitetura de Software

A arquitetura de *software* do *middleware* EXEHDA apresentada na figura 5.1. Os principais requisitos que o EXEHDA deve atender são: (i) gerenciar tanto aspectos não funcionais como funcionais da aplicação, e de modo independente, (ii) dar suporte à adaptação dinâmica de aplicações; (iii) disponibilizar mecanismos para obter e tratar informações de contexto; (iv) empregar informações de contexto na tomada de decisões, (iv) decidir as ações adaptativas de forma colaborativa com a aplicação e (v) disponibilizar a semântica siga-me, permitindo ao usuário o iniciar as aplicações e o acesso a dados a partir de qualquer lugar, e a execução contínua da aplicação mesmo em deslocamento.

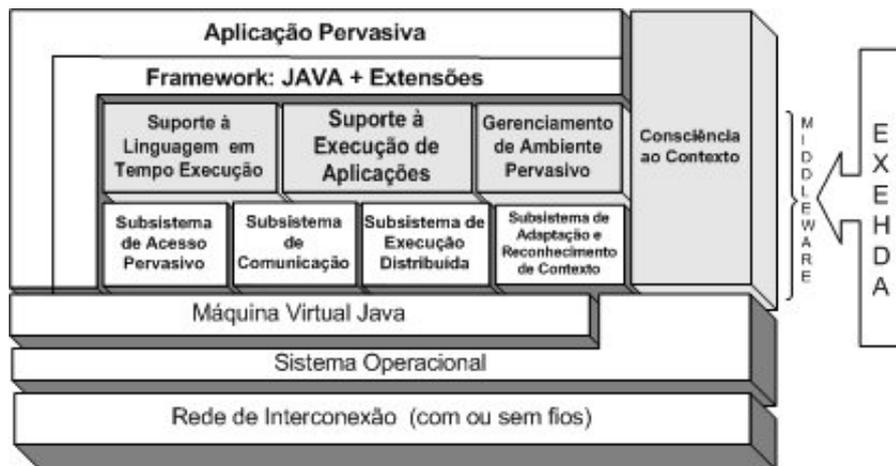


Figura 5.1: Arquitetura de Software do Middleware EXEHDA (YAMIN, 2004)

5.1.2.2 Ambiente Ubíquo Disponibilizado

O ambiente ubíquo equivalente ao ambiente computacional onde recursos e serviços são gerenciados pelo EXEHDA com o propósito de atender os requisitos da computação ubíqua. A composição deste ambiente envolve tanto os dispositivos dos usuários, como os equipamentos da infraestrutura de suporte, todos instanciados pelo seu respectivo perfil de execução do *middleware*. A integração dos cenários da computação em grade, da computação móvel e da computação sensível ao contexto, é mapeada em uma organização composta pelo conjunto de células de execução do EXEHDA, conforme pode ser observado na figura 5.2 (ISAM, 2009).

O meio físico sobre o qual o ambiente ubíquo é definido constitui-se por uma rede infra estruturada, cuja composição final pode ser alterada pela agregação dinâmica de nodos móveis. Os recursos da infraestrutura física são mapeados para três abstrações básicas, as quais são empregadas na composição do ambiente ubíquo (YAMIN, 2004):

- EXEHDAcels: indica a área de atuação de uma EXEHDAbase, e é composta por esta e por EXEHDA nodos. Os principais aspectos considerados na definição da abrangência de uma célula são: o escopo institucional, a proximidade geográfica e o custo de comunicação;
- EXEHDAbase: é o ponto de convergência para os EXEHDA nodos. É responsável por todos os serviços básicos do ambiente ubíquo e, embora constitua uma re-

ferência lógica única, seus serviços, sobretudo por aspectos de escalabilidade, poderão estar distribuídos entre os vários dispositivos;

- EXEHDA_{node}: são os dispositivos de processamento disponíveis no ambiente ubíquo, sendo responsáveis pela execução das aplicações. Um subcaso deste tipo de recurso é o EXEHDA_{node} móvel. São os nodos do sistema com elevada portabilidade, tipicamente dotados de interface de rede para operação sem fio e, neste caso, integram a célula a qual seu ponto-de-acesso está subordinado. São funcionalmente análogos aos EXEHDA_{nodes}, porém eventualmente com uma capacidade mais limitada (por exemplo, PDAs).

O ambiente ubíquo é formado por dispositivos multi-institucionais, o que gera a necessidade de adotar procedimentos de gerência iguais aos utilizados em ambientes de grade computacional (*Grid Computing*) (YAMIN, 2004). O gerenciamento da organização celular do ambiente ubíquo resguarda a autonomia das instituições envolvidas. Apesar de não contemplar mecanismos de gerência específicos para recursos especializados como impressoras, *scanners*, dentre outros o EXEHDA permite a catalogação de tais recursos como integrantes de uma determinada célula do ambiente ubíquo, tornando-os, desta forma, passíveis de serem localizados dinamicamente e serem utilizados pelas aplicações ubíquas.

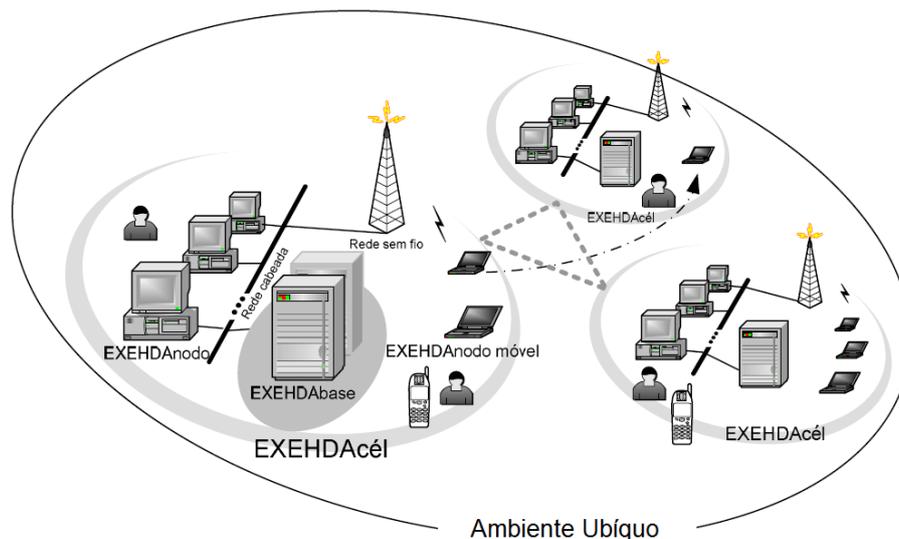


Figura 5.2: Ambiente Ubíquo Suprido pelo EXEHDA (YAMIN, 2004)

5.1.2.3 Composição de Serviços

A prerrogativa de operação em um ambiente altamente heterogêneo, onde não só o *hardware* exhibe capacidades variadas de processamento e memória, mas também as bibliotecas de *software* disponíveis em cada dispositivo, motivaram a adoção de uma abordagem na qual um núcleo mínimo do *middleware* tem suas funcionalidades estendidas por serviços carregados sob demanda. Esta organização retrata um padrão de projeto referenciado na literatura como *microkernel*. Some-se a isto o fato de que esta carga sob demanda tem perfil adaptativo. Deste modo, poderá ser utilizada versão de um determinado serviço, melhor sintonizada às características do dispositivo em questão. Isto é

possível porque, na modelagem do EXEHDA, os serviços estão definidos por sua interface, e não pela sua implementação propriamente dita.

A contraproposta à estratégia microkernel de um único binário monolítico, cujas funcionalidades cobrissem todas as combinações de necessidades das aplicações e dispositivos, se mostra inviável na computação ubíqua, cujo ambiente computacional apresenta uma alta heterogeneidade de recursos de processamento.

Entretanto, o requisito do *middleware* de manter-se operacional durante os períodos de desconexão planejada motivou, além da concepção de primitivas de comunicação adequadas a esta situação, a separação dos serviços que implementam operações de natureza distribuída em instâncias locais ao EXEHDA_{nodo} (instância nodal), e instâncias locais a EXEHDA_{base} (instância celular). Neste sentido, o relacionamento entre instância de nodo e celular assemelha-se à estratégia de proxies, enquanto que o relacionamento entre instâncias celulares assume um caráter P2P (*Peer-to-Peer*). A abordagem P2P nas operações intercelulares vai ao encontro do requisito de escalabilidade. Uma organização dos subsistemas do EXEHDA pode ser observada na figura 5.3;

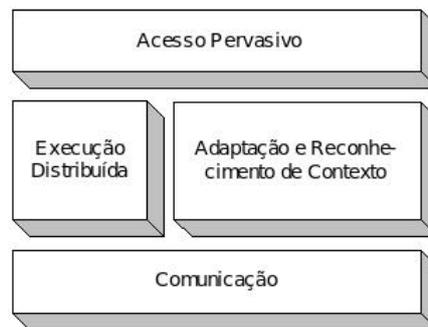


Figura 5.3: Organização dos Subsistemas do EXEHDA (YAMIN, 2004)

Sendo assim, os componentes da aplicação em execução em determinado dispositivo podem permanecer operacionais, desde que, para satisfação de uma dada requisição pelo *middleware*, o acesso a um recurso externo ao dispositivo seja prescindível. Por outro lado, a instância celular, em execução na base da célula, provê uma referência para os outros recursos, no caso da realização de operações que requeiram coordenação distribuída. Portanto, observe-se que a EXEHDA_{base} é, por definição, uma entidade estável dentro da EXEHDA_{cel}, permitindo que os demais integrantes (recursos) da célula tenham um caráter mais dinâmico com relação a sua disponibilidade (presença estável) na célula.

5.1.2.4 O Núcleo do EXEHDA

A funcionalidade servida pelo EXEHDA é personalizável no nível de nodo, sendo determinada pelo conjunto de serviços ativos e controlada por meio de perfis de execução. Um perfil de execução define um conjunto de serviços a ser ativado em um EXEHDA_{nodo}, associando a cada serviço uma implementação específica dentre as disponíveis, bem como definindo parâmetros para sua execução. Adicionalmente, o perfil de execução também controla a política de carga a ser utilizada para um determinado serviço, a qual se traduz em duas opções: (i) quando da ativação do nodo (*bootstrap* do *middleware*) e (ii) sob demanda.

Deste modo, a informação definida nos perfis de execução é também consultada quando da carga de serviços sob demanda, assim, a estratégia adaptativa para carga dos serviços acontece tanto na inicialização do nodo, quanto após este já estar em operação e precisar instalar um novo serviço. Esta política para carga dos serviços é disponibilizada por um núcleo mínimo do EXEHDA, o qual é instalado em todo EXEHDA-nodo que for integrado ao ambiente ubíquo. Este núcleo é formado por dois componentes, conforme observado na figura 5.4:

- ProfileManager: interpreta a informação disponível nos perfis de execução e a disponibiliza aos outros serviços do *middleware*. Cada EXEHDA-nodo tem um perfil de execução individual;
- ServiceManager: Faz a ativação dos serviços no EXEHDA-nodo a partir das informações disponibilizadas pelo ProfileManager. Para isto, carrega sob demanda o código dos serviços do *middleware*, a partir do repositório de serviços que pode ser local ou remoto, dependendo da capacidade de armazenamento do EXEHDA-nodo e da natureza do serviço.

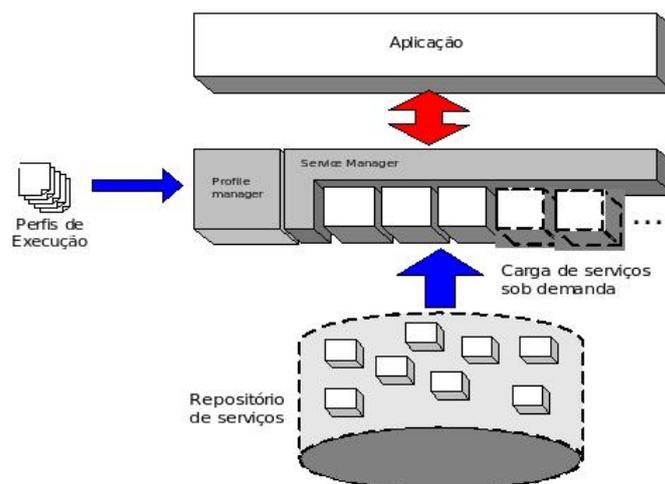


Figura 5.4: Organização do Núcleo do EXEHDA (YAMIN, 2004)

5.1.3 Subsistemas do EXEHDA

O *middleware* EXEHDA é formado por quatro subsistemas: Subsistema de Execução Distribuída, Subsistema de Comunicação, Subsistema de Acesso Ubíquo e Subsistema de Reconhecimento de Contexto e Adaptação. Logo abaixo é apresentado a composição de cada um desses subsistemas.

5.1.3.1 Subsistema de Execução Distribuída

O suporte ao processamento distribuído no EXEHDA e de responsabilidade do subsistema de execução distribuída. Com a finalidade de promover uma execução efetivamente ubíqua, este subsistema interage com outros subsistemas do EXEHDA. Em específico, interage com o subsistema de reconhecimento de contexto e adaptação, de forma

a prover comportamento distribuído e adaptativo às aplicações da computação ubíqua. Este subsistema é formado pelos serviços: (i) *Executor*, (ii) *Cell Information Base - CIB*, (iii) *OXManager*, (iv) *Discoverer*, (v) *ResourceBroker*, (vi) *Gateway*, (vii) *StdStreams*, (viii) *Logger*, e (ix) *Dynamic Configurator - DC*.

5.1.3.2 Subsistema de Comunicação

Devido a mobilidade do *hardware*, assim como a do *software*, não garante a interação contínua entre os componentes da aplicação distribuída. As desconexões são frequentes, não somente devido à existência de alguns links sem fio, mas sobretudo como uma estratégia para economia de energia nos dispositivos móveis. O subsistema de comunicação do EXEHDA disponibiliza mecanismos que atendem estes aspectos da computação ubíqua. Fazem parte deste subsistema os serviços *Dispatcher*, *WORB*, *CC-Manager* os quais contemplam modelos com níveis diferenciados de abstração para as comunicações.

5.1.3.3 Subsistema de Acesso Ubíquo

Devido a premissa de acesso em qualquer lugar, todo o tempo, a dados e código da computação ubíqua, requer um suporte do *middleware*. Os serviços que integram este subsistema no EXEHDA são: (i) BDA - Base de Dados Ubíqua das Aplicações, (ii) AVU - Ambiente Virtual do Usuário, (iii) *SessionManager* e (iv) *Gatekeeper*.

5.1.3.4 Subsistema de Reconhecimento de Contexto e Adaptação

Compõem este subsistema os serviços (i) *Collector*, (ii) *Deflector*, (iii) *Context-Manager*, (iv) *AdaptEngine* e (v) *Scheduler*. Particularmente, *AdaptEngine* e *Scheduler* são responsáveis, respectivamente, pelo controle das adaptações de cunho funcional e não-funcional. Compreende-se por adaptação funcional aquela que implica a modificação do código sendo executado. Já a adaptação não-funcional, é aquela que atua sobre a gerência da execução distribuída, na qual podem ser identificados seus diversos serviços (YAMIN, 2004).

5.2 EXEHDA-SS: Principais Características

O EXEHDA-SS (VENECIAN, 2010) constitui uma recente contribuição ao Subsistema de Reconhecimento de Contexto e Adaptação, tendo sido concebido para qualificar o mecanismo de sensibilidade ao contexto. O mesmo será parte importante na arquitetura de software do uMED.

Aplicações ubíquas executam em ambientes instrumentados com sensores, geralmente dotados de interfaces de redes sem fio, nos quais dispositivos, agentes de *software* e serviços são integrados e cooperam para atender os objetivos dos usuários finais. Essa categoria de aplicações caracteriza-se por constantes mudanças em seu contexto de execução, geradas pelos ambientes altamente dinâmicos em que tipicamente executam. Nesta perspectiva introduzida pela computação ubíqua (COSTA; YAMIN; GEYER, 2008), o processamento está espalhado no ambiente através de vários dispositivos, que executam tarefas bem definidas dependendo de sua natureza, interligados de forma que a infraestrutura de comunicações torne-se o mais imperceptível possível para o usuário.

Deste modo, a sensibilidade ao contexto refere-se à capacidade de um sistema

computacional perceber características de seu ambiente, e é um requisito fundamental para permitir a adaptação em resposta às mudanças ambientais. Aplicações sensíveis ao contexto conhecem o ambiente no qual estão sendo utilizadas e tomam decisões de acordo com mudanças no seu próprio ambiente. Ou seja, reagem a ações executadas por outras entidades, podendo essas ser pessoas, objetos ou até mesmo outros sistemas, que modifiquem o ambiente. Essas aplicações, de um modo geral, tomam ciência das alterações que venham a acontecer no ambiente. Tais modificações denomina-se alterações nas informações de contexto (VENECIAN, 2010).

Segundo Venecian (VENECIAN, 2010) um ambiente ubíquo tem uma natureza dinâmica, devido à mobilidade, a diversidade de dispositivos e tecnologias existentes, assim como às mudanças constantes no ambiente computacional. Ao se construir e executar aplicações ubíquas sensíveis ao contexto, há uma série de funcionalidades que devem ser providas, envolvendo desde a aquisição de informações contextuais, a partir de um conjunto de fontes heterogêneas e distribuídas, até a representação dessas informações, seu processamento, e a realização de inferências para seu uso em tomadas de decisão .

O mecanismo concebido utiliza o ambiente ubíquo promovido pelo *middleware* EXEHDA (YAMIN, 2004). Este se propõem a integração de tecnologias de suporte semântico em mecanismo de sensibilidade ao contexto, desde a sua aquisição, processamento e distribuição das informações contextuais, direcionado a computação ubíqua. E denomina-se EXEHDA-SS (Suporte Semântico) (VENECIAN, 2010).

O EXEHDA-SS (VENECIAN, 2010) foi concebido para ser responsável pelo tratamento das informações contextuais, realizando tarefas de manipulação e dedução sobre o contexto, utilizando ontologias para suporte a representação e processamento das informações contextuais. Através do uso de inferências garanti-se um refinamento qualificado dessas informações capturas e distribuídas nas células de execução do EXEHDA.

Concepção e Modelagem do EXEHDA-SS

Na continuidade será tratado o modelo de representação de contexto do ambiente ubíquo e a arquitetura de *software* proposta para sensibilidade ao contexto, personalizável por componentes de *software* das aplicações com suporte a processamento semântico do EXEHDA-SS.

Modelo de Representação de Contexto

Na concepção do EXEHDA-SS, foi preferido o uso de ontologias como mecanismo para representação e processamento de contexto (VENECIAN, 2010). Ontologias têm sido largamente utilizadas em áreas como gerenciamento de conteúdo, conhecimento e comércio eletrônico. De um modo geral, ontologias têm sido usadas para representar ambientes ubíquos, descrevendo, comumente, entidades envolvidas e suas respectivas propriedades. Elas definem principalmente os diferentes tipos de aplicações, serviços, dispositivos, sensores, entre outros.

Conforme Venecian (VENECIAN, 2010) as ontologias no EXEHDA-SS são empregadas sob duas perspectivas: (i) representação semântica dos dados contextuais e (ii) o estabelecimento de relações entre os mesmos, possibilitando a realização de inferências. Através do uso de inferências espera-se contribuir para qualificação das informações contextuais a serem entregues aos demais serviços do EXEHDA e/ou aplicações que tenham interesse em manipulação de dados contextuais.

Como núcleo do modelo semântico para representação de contexto é utilizado, a OntContext, ontologia responsável pela representação dos contextos coletados, notificados e das instâncias dos contextos de interesse das aplicações. A OntContext, figura 5.5, é empregada pelo Servidor de Contexto do EXEHDA-SS para prover suporte semântico ontológico nas tarefas de dedução utilizando informações contextuais.

Na estrutura de classes da OntContext, foi definida a classe Sensor, no qual contém as instâncias dos sensores que participam do sensoramento do ambiente ubíquo provido pelo *middleware*. A seguir são detalhadas as demais classes e subclasses que compõem a OntContext.

Classes, Subclasses e Atributos para Coleta e Notificação de Contextos

- Contexto: A classe contexto responsável por armazenar os dados coletados pelo sensores como: identificador do nodo, data/hora, usuário, identificador do contexto de interesse, sensor, valor coletado pelo sensor e valor que ocorreu tradução.
- Contexto_Notificado: Esta classe contém os contextos notificados com os seguintes atributos: identificador, aplicação, componente, adaptador e usuário.
- ContextoNotificado_Sensor: Esta subclasse possui identificação e o sensor que gerou uma notificação, além do valor coletado pelo respectivo sensor, identificador do nodo e valor traduzido.
- ContextoNotificado_Deduzido: São armazenados nesta subclasse os identificadores das regras de dedução e valores deduzidos.

A classe Contexto_Notificado e as subclasses ContextoNotificado_Sensor e ContextoNotificado_Deduzido armazenam as informações contextuais processadas e deduzidas.

Classes e Atributos do Contexto de Interesse das Aplicações

- Contexto_Interesse: Contém o identificador, aplicação, componente e adaptador.
- Sensor_Public: Define os parâmetros operacionais dos sensores, como: intervalo do tempo de medicação, taxa de flutuação mínima dos dados a serem publicados, valor inferior e superior, valor *default* do sensor, regra para tradução de dados coletados e número máximo de publicações.
- Contexto_Deduzido: Fazem parte desta classe os atributos identificador e a regra de dedução. Essas regras são processadas pelo Motor de Inferência do Gerente de Interpretação do EXEHDA-SS.

Arquitetura de Software do EXEHDA-SS

Segundo Venecian (VENECIAN, 2010) a arquitetura de *software* do EXEHDA-SS é direcionada ao processamento das informações contextuais fazendo o uso de tecnologias de suporte semântico nas funcionalidades de aquisição, processamento e distribuição das informações de contexto processadas.

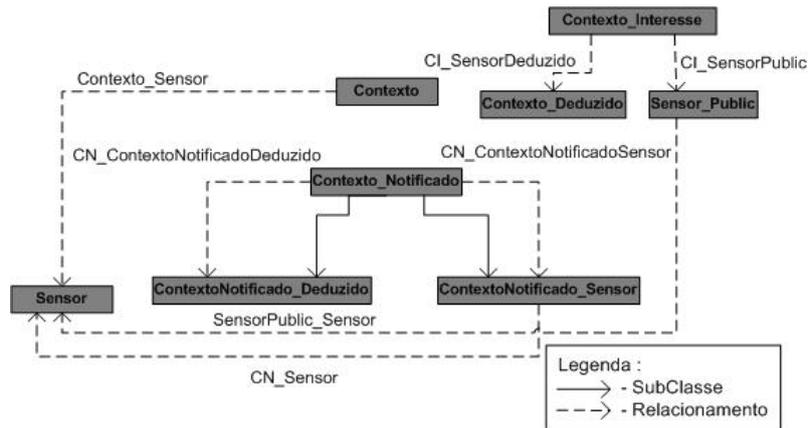


Figura 5.5: Classes da OntContext (VENECIAN, 2010)

Desta forma, o EXEHDA-SS é alimentado por contextos de interesses das aplicações. Esses contextos de interesses são responsáveis por caracterizar os aspectos que devem ser considerados nos procedimentos de monitoração do ambiente ubíquo, de interpretação destes dados capturados e das respectivas notificações.

O Servidor de Contexto é composto por três serviços: O Gerente de Aquisição, Gerente de Interpretação e Gerente de Notificação. Esses gerentes são autônomos e cooperantes para a realização de tarefas de manipulação e dedução sobre o contexto.

Assim, o EXEHDA-SS mostra-se alinhado para prover suporte semântico na tarefas de aquisição e notificação das informações contextuais aos demais serviços do EXEHDA e/ou as aplicações. O emprego de ontologias se mostra oportuno para prover o suporte semântico necessário.

5.3 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo apresentou uma revisão arquitetural e funcional do *middleware* EXEHDA, abordando suas premissas de pesquisa, sua organização e subsistemas. Também foi analisado o EXEHDA-SS um mecanismo de sensibilidade ao contexto empregado neste *middleware*, abordando os fundamentos, concepção e modelagem de *software*. O próximo capítulo apresenta uma arquitetura de *software* direcionada a área médica.

6 UMED: CONCEPÇÃO E MODELAGEM

Este capítulo resume as decisões de concepção e modelagem do uMED. O *framework* uMED está inserido nos esforços de pesquisa do projeto PERTMED (Sistema de TeleMedicina Móvel) (PERTMED, 2007), no qual vem sendo desenvolvido por três universidades do sul do Brasil (Universidade Federal de Santa Maria, Universidade Católica e Federal de Pelotas) contando com a participação dos grupos de pesquisa (GMob e G3PD), e com a colaboração de equipes médicas ligadas a essas universidades. O uMED é uma arquitetura de *software* direcionada para aplicações de medicina ubíqua.

6.1 Arquitetura de Software do uMED

O *framework* uMED tem como premissa receber as informações coletadas pelos sensores, notificar as partes interessadas conforme regras de monitoramento pré-definidas e possibilitar que os sensores/atuadores possam ser controlados (ativados, desativados, regulados) e consultados a qualquer hora de forma ubíqua, além de permitir que possam ser alteradas as regras de monitoramento em tempo de execução.

O uMED direciona-se para aplicações voltadas a área médica no qual é necessário monitorar paciente por sensores e que seja possível gerar níveis de alerta conforme regras de monitoramento pré-definidas pelos profissionais de saúde e que também seja possível inferir nestes sensores/atuadores.

Uma visão geral da arquitetura de *software* do uMED é apresentado na figura 6.1. A mesma é composta por quatro serviços: Gerente de Atuação, Gerente de Aplicações, Gerente de Borda e o Servidor de Contexto. Esses serviços são autônomos e cooperantes e possibilitam o monitoramento, assim como controle (ativação, desativação, regulação) dos atuadores e consultas em seus repositórios.

O *framework* uMED, emprega o ambiente ubíquo definido no projeto ISAM (ISAM, 2009) e provido pelo *middleware* EXEHDA (YAMIN, 2004).

O uMED irá contemplar o uso de tecnologias de processamento semântico nas funcionalidades de: (i) aquisição, (ii) atuação e (iii) emprego das informações contextuais direcionadas as aplicações ubíquas.

Para que a arquitetura de *software* proposta, para o uMED, possa realizar tarefas de manipulação e dedução sobre o contexto, a mesma é alimentada por contextos de interesses, os quais são responsáveis por caracterizar os aspectos que devem ser considerados nos procedimentos de monitoração do ambiente ubíquo, de interpretação dos dados capturados e das respectivas notificações assim como as possíveis atuações no ambiente ubíquo. No Contexto de Interesse das Aplicações ficam definidas quais informações con-

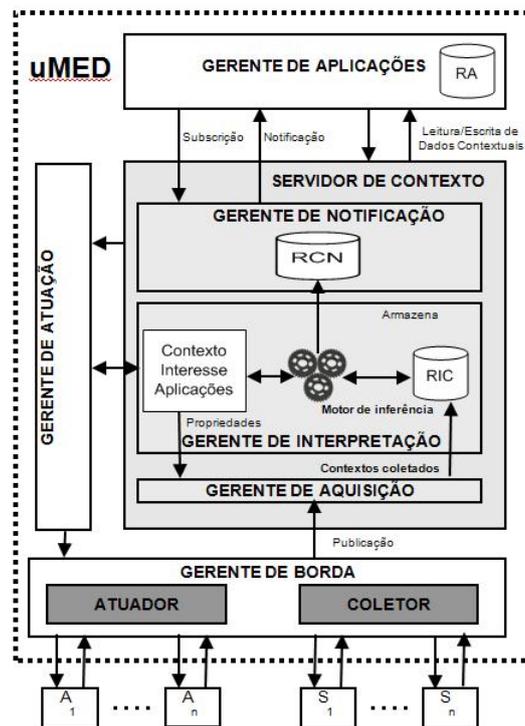


Figura 6.1: Arquitetura de Software Proposta para uMED

textuais serão adquiridas pelos sensores, traduzidas e deduzidas, bem como quais comandos serão empregados no controle dos atuadores. Essas especificações são relacionadas por aplicação, componente e adaptador, considerando os seguintes parâmetros e regras:

- instanciação dos sensores/atuadores que participam das aplicações;
- parâmetros operacionais para ativação/desativação e publicação dos sensores;
- parâmetros operacionais para controle (ativação, desativação, regulagem, etc.) dos atuadores;
- especificação do número máximo de registros pelos sensores a serem armazenados no repositório contextual. Ultrapassando este número, os valores mais antigos serão apagados;
- regras de deduções sobre os dados coletados pelos sensores;
- regras de deduções sobre os dados utilizados para controle dos atuadores (dados de ativação).

Na próxima seção é abordado os gerentes que compõem o modelo do uMED.

6.1.1 uMED: Principais Gerentes

O uMED é composto por três gerentes: Gerente de Atuação, Gerente de Aplicações e o Gerente de Borda. Além desses gerentes compõem a arquitetura de software do uMED o Servidor de Contexto. A seguir são abordados os três gerentes assim como o Servidor de Contexto utilizados na arquitetura de *software* prevista para uMED.

6.1.1.1 Gerente de Atuação

Responsável pelo controle (ativação, desativação e regulagem) dos sensores/atuadores, após ser notificado pelo Servidor de Contexto no qual informa os parâmetros operacionais a serem configurados, bem como quais sensores/atuadores deve ser interpelado(s) repassando essas informações ao Gerente de Borda para que ative os sensores/atuadores de interesse da aplicação.

Além disto o Gerente de Atuação possui as seguintes atribuições:

- processar os contextos de interesse da aplicação, extraíndo as informações para sua operação;
- repassar ao Gerente de Borda os parâmetros operacionais para ativação, desativação, regulagem dos sensores e atuadores;
- notificar ao Gerente de Borda quais sensores/atuadores serão necessários para atender as demandas das aplicações em uso;
- disparar no ambiente ubíquo uma verificação do status de sensores;
- disparar no ambiente ubíquo uma verificação do status de atuadores.

O fluxo de informações entre o Gerente de Atuação e o Gerente de Borda é intenso. A relação entre os mesmos pode ser observada na figura 6.2. Além disto, o Gerente de Atuação interage como o Servidor de Contexto recebendo informações de subscrição das aplicações sensíveis ao contexto.

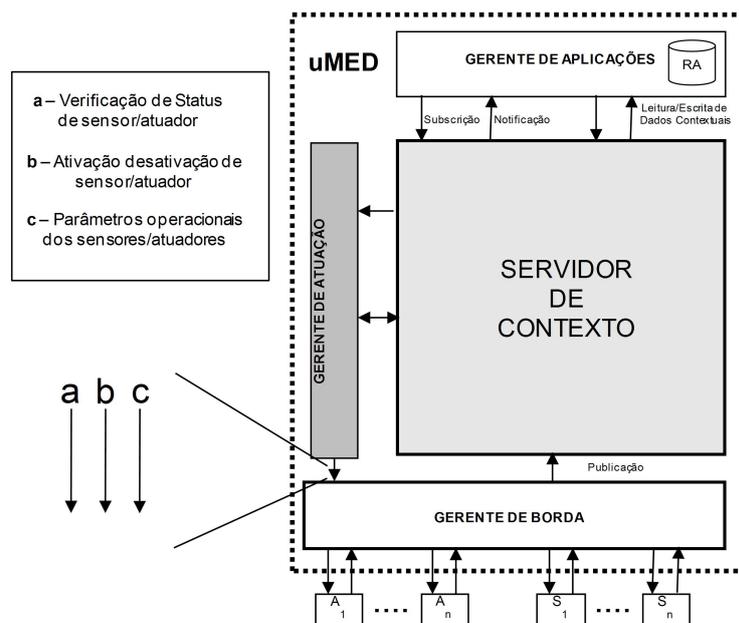


Figura 6.2: Fluxo de Informações para o Gerente de Borda

6.1.1.2 Gerente de Aplicações

Nesta seção é apresentado o Gerente de Aplicações o qual trabalha com duas abordagens distintas: componentes de software das aplicações assíncronos ou síncronos ao contexto, os quais possuem características complementares quando da definição das aplicações ubíquas do uMED.

Para este trabalho compreende-se como um componente síncrono ao contexto da aplicação aquele que é programado para executar uma determinada ação caso ocorra algum evento de interesse do contexto da aplicação, já por componente assíncrono ao contexto da aplicação entende-se aquele cuja execução ocorre por intervenção do usuário. A seguir é detalhado a utilização da abordagem síncrona e assíncrona pelo Gerente de Aplicações.

Uma das atribuições deste Gerente é disponibilizar componentes de aplicações síncronas ao contexto para monitoramento de sinais vitais de pacientes internados, e emitir de forma automatizada, diferentes níveis de alertas, em função dos dados sensorados, para os profissionais de saúde (médicos, enfermeiros, entre outros). Outra atribuição prevista é permitir acesso ubíquo ao histórico dos dados sensorados dos pacientes pelos profissionais de saúde.

As aplicações do uMED se inscrevem ao Servidor de Contexto e aguardam as notificações geradas por este servidor. Por exemplo, uma aplicação se inscreve informando se a temperatura corporal ou a pressão arterial de um determinado paciente alterar 10%, automaticamente deseja-se que essa variação seja notificada a um determinado profissional de saúde, essa notificação pode ser através de envio de mensagem de SMS (*Short Message Service*) ou pode ser um disparo de um alerta em uma determinada enfermaria, ou ambas as notificações.

Os componentes das aplicações assíncronas ao contexto, por sua vez, permitem que os profissionais de saúde (médicos, enfermeiros, entre outros) possam consultar informações sobre os sinais vitais de um determinado paciente a qualquer tempo, em qualquer lugar (acesso ubíquo), podendo inclusive serem gerados relatórios personalizado por este profissional de saúde. Outra funcionalidade prevista, é que o usuário possa a partir dos dados coletados, ou seja, baseado nas informações obtidas pela consulta, possa controlar (ativar, desativar, regular) os atuadores.

No Gerente de Aplicações se faz necessário a utilização de um repositório de dados denominado RA (Repositório de Aplicações), o qual contém o código fonte, os parâmetros operacionais das aplicações administradas por este Gerente. Este repositório funciona como um *container* WEB disponibilizando as aplicações para os usuários.

6.1.1.3 Gerente de Borda

Este Gerente é responsável pela coleta de dados capturados pelos sensores conforme parâmetros operacionais enviados pelo Gerente de Atuação, assim como, pelo controle dos atuadores. Os dados coletados pelos sensores passam por várias etapas, nas quais é feito o tratamento apropriado a esses dados capturados, de modo que seja possível então a persistência destes dados. Este mesmo dado persistido, é enviado ao Servidor de Contexto para ser analisado.

O controle dos atuadores depende dos parâmetros operacionais feitas pelo Gerente de Atuação no qual informa as preferências do Contexto de Interesse das Aplicações.

No Gerente de Borda, sensores/atuadores podem ser implantados por meio de arquivos de configuração. Desta forma, um sensor/atuador pode ser adicionado, removido

ou substituído por outra implementação mais adequada ao dispositivo onde está sendo empregado no uMED.

Para a aquisição dos contextos através de sensores se faz necessário:

- especificar intervalos de tempo entre medições;
- registrar flutuação mínima para que aconteça a publicação;
- definir a faixa na qual os valores dos sensores deverão ser publicados.

O Gerente de Atuação envia parâmetros operacionais ao Gerente de Borda, através de um arquivo XML (*eXtensible Markup Language*) o que torna a arquitetura mais flexível. Conforme pode ser observado na figura 6.3 o arquivo chamado de `SensorConfiguracao`, contém parâmetros para inicialização e publicação de contextos pelos sensores ao Gerente de Aquisição.

O arquivo de configuração deverá ser utilizado para configurar os sensores de acordo com seus parâmetros operacionais definidos pelo desenvolvedor no Contexto de Interesse das Aplicações. Esses parâmetros são especificados com informações para publicação, tais como: identificador do sensor, frequência de publicação, flutuação mínima, faixa mínima e máxima.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Sensors>
<Sensor identificador="codigo_sensor1" intMed="frequencia_publicacao"
flut="flutuacao_minima" valInf="faixa_minima" valSup="faixa_maxima"/>
<Sensor identificador="codigo_sensor2" intMed="frequencia_publicacao"
flut="flutuacao_minima" valInf="faixa_minima" valSup="faixa_maxima"/>
</Sensors>
```

Figura 6.3: Exemplo de Configuração do Arquivo `SensorConfiguracao`

De forma análoga, o atuador também pode ser configurado por um arquivo XML. O Gerente de Atuação envia parâmetros operacionais para o Gerente de Borda, em um arquivo XML contendo parâmetros operacionais definidos pelo desenvolvedor no Contexto de Interesse das Aplicações. Esses parâmetros são especificados com informações para atuação, tais como: identificador do atuador, ativa/desativa atuador, potência de atuação, intervalo de atuação. Conforme pode ser observado na figura 6.4 que descreve o arquivo `AtuadorConfiguracao`.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Atuadors>
<Atuador identificador="codigo_atuador1" intMed="Status_atuador"
pot="potencia_atuacao" intAtua="tempo_segundos"/>
<Atuador identificador="codigo_atuador2" intMed="Status_atuador"
pot="potencia_atuacao" intAtua="tempo_segundos"/>
</Atuadors>
```

Figura 6.4: Exemplo de Configuração do Arquivo `AtuadorConfiguracao`

O Gerente de Borda é dividido em dois grandes módulos: módulo coletor e módulo atuador. Por sua vez, cada um desses módulos se subdividem em partes menores promovendo uma divisão da arquitetura em tarefas com elevada coesão funcional (vide figura 6.5).

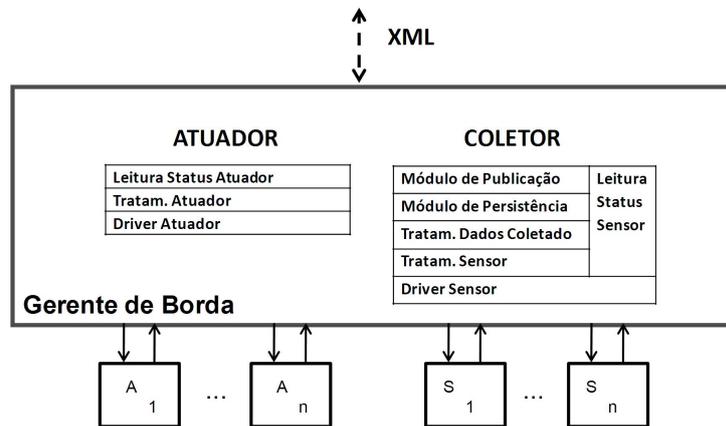


Figura 6.5: Vista Expandida do Gerente de Borda

Uma descrição do coletor e do atuador é feita a seguir.

1. Módulo Coletor

O módulo coletor do Gerente de Borda possui várias funções no qual se dividem conforme destacado abaixo:

- Driver do Sensor - encapsula o tratamento de baixo nível de um sensor de modo a facilitar a arquitetura para a inserção de novos sensores no Gerente de Borda, este driver deve implementar uma interface Java com um método chamado “ler”. Desta forma, a rotina de leitura de todo e qualquer sensor poderá ser invocada através de um método padrão, abstraindo as especificidades do sensor e fornecendo o dado necessário;
- Tratamento do Sensor - é responsável por encapsular política de leitura de um sensor. Sensores podem ser consultados de acordo com a política imposta, por exemplo o sensor 1 deve ser lido a cada 5 minutos já o sensor 2 a cada 2 horas;
- Tratamento de Dado Coletado - atua como um filtro repassando somente as informações relevantes imposta pelo Servidor de Contexto, age selecionando informações que obedecem a um determinado intervalo de níveis, padrão ou condição para serem publicadas;
- Módulo de Persistência - responsável por armazenar informações coletadas em um banco de dados, funciona como um mecanismo de tolerância a falhas caso haja problemas em repassar essas informações guardando as então para um futuro envio;
- Módulo de Publicação - é responsável pelo envio de dados coletados ao Servidor de Contexto;

- Leitura do Status dos Sensores - permite a consulta sob demanda de um determinado sensor.

2. Módulo Atuador

O módulo atuador do Gerente de Borda possui várias funções no qual se dividem conforme destacado abaixo:

- Driver do Atuador - encapsula o tratamento de baixo nível de um atuador e implementa uma interface chamada de “atuacao”. Desta forma, o módulo abstrai as especificidades de atuação a um método padrão e permite inserções de novos atuadores;
- Tratamento do Atuador - é responsável por encapsular política de atuação de um atuador. Os atuadores realizam ações sobre o meio físico. No entanto, estas ações podem ser realizadas de acordo com políticas e parâmetros como: tipo de ação (ex. ligar, desligar), tempo de duração (ex. ligar por dez minutos), potência (ex. ligar na velocidade máxima), entre outras;
- Leitura do Status dos Atuadores - permite o controle sob demanda de um determinado atuador.

6.1.1.4 Servidor de Contexto

Este servidor atua coletando informações e promovendo as correspondentes ações com relação ao ambiente ubíquo. Uma descrição dos gerentes que compõem o Servidor de Contexto é feita a seguir (VENECIAN, 2010).

• Gerente de Aquisição

O Gerente de Aquisição tem como função principal prover a captura de informações de contexto, disponibilizando as mesmas em um formato adequado para que o Gerente de Interpretação possa implementar suporte semântico utilizando os mesmos. Para a aquisição de contextos através de sensores e publicação de dados a partir dos mesmos se faz necessário: (i) especificar intervalos de tempo entre medições; (ii) flutuação mínima para que aconteça a publicação; (iii) definir a faixa na qual os valores dos sensores deverão ser publicados.

Neste sentido, foi definido na OntContext, a classe *Contexto Interesse*, onde cada contexto de interesse possui por aplicação, uma relação de sensores com seus parâmetros operacionais, regras para dedução, tradução das informações coletadas por estes sensores e o máximo de instâncias armazenadas dos sensores no RIC (Repositório de Informações Contextuais).

Quando de uma publicação, o tradutor e instanciador contextual presentes neste gerente, identifica os contextos de interesse pertencentes ao sensor em execução, processa as regras de tradução definidas pelo programador da aplicação e armazena no RIC, representado ontologicamente pela classe *Contexto*.

No RIC são instanciadas as informações coletadas dos sensores, tais como: identificador do sensor, valor coletado pelo sensor, valor que tenha ocorrido tradução contextual, contexto de interesse pertencente ao sensor, nome do nodo, usuário e horário da coleta.

Portanto, após obter os contextos de interesse pertencentes a uma determinada publicação, o Gerente de Interpretação é acionado disponibilizando os contextos de interesse para a execução no Motor de Inferência.

- Gerente de Interpretação

Três são as principais atribuições para este gerente: (i) manter o RIC, que armazena os contextos capturados pelo Gerente de Aquisição; (ii) utilizar um Motor de Inferência para processamento e dedução sobre as informações de contexto mantidas no RIC e nos Contextos de Interesses das Aplicações; (iii) alimentar o RCN (Repositório de Contexto Notificado), que armazena os estados dos contextos disponibilizados pelo Gerente de Notificação.

O Motor de Inferência, identifica os sensores e as regras definidas pertencentes ao contexto de interesse repassado pelo Gerente de Aquisição e executa dois possíveis processamentos:

- leitura no RIC dos valores coletados pelos sensores envolvidos do respectivo contexto de interesse em processamento - inferência baseada em Ontologias - Máquina de Inferência *OWLReasoner* (JENA, 2010). Caso ainda não tenha ocorrido uma publicação de informação contextual pelos sensores envolvidos do respectivo contexto de interesse, é passado o valor *default* do sensor, definido na classe *Sensor_Public*;
- dedução de regras definidas pelo desenvolvedor na classe *Contexto_Deduzido* da *OntContext* produzindo desta forma contextos deduzidos - inferência baseada em regras - Máquina de Inferência *Generic rule reasoner* (JENA, 2010).

Por fim, o processo, o Gerente de Interpretação, instância no RCN do Gerente de Notificação, os valores dos contextos e as deduções processadas pelo Motor de Inferência. A figura 6.6 apresenta o fluxo de interpretação contextual do motor de inferência do EXEHDA-SS.

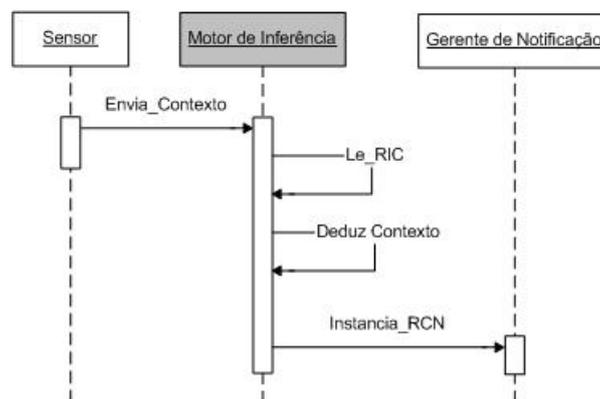


Figura 6.6: Fluxo do Motor de Inferência do EXEHDA-SS (VENECIAN, 2010)

- Gerente de Notificação

Esse gerente é responsável por disponibilizar os contextos processados pelo Gerente de Interpretação. Duas são as principais atribuições deste gerente: (i) notificação

de informações contextuais ao serviço de adaptação dinâmica do EXEHDA - EXEHDA-DA (WARKEN, 2010); (ii) receber subscrições pelas aplicações e notificá-las de acordo com as solicitações realizadas.

A notificação para o serviço de adaptação dinâmica do *middleware* EXEHDA ocorre através do envio da instância do contexto notificado ao mesmo. O serviço de adaptação ao receber a instância que contém alterações contextuais no ambiente ubíquo, realiza uma leitura dos demais valores no contexto notificado da OntContext e inicia suas tarefas de execução previstas em seu processamento.

Uma outra funcionalidade disponível no EXEHDA-SS é que as aplicações possam realizar subscrições no Gerente de Notificação. A aplicação deve invocar o método *ExehdaSS.Subscricao(app,userId,idSubscricao)*, passando três parâmetros: código da aplicação, usuário e o identificador do nodo que solicitou a subscrição. O subscritor presente no Gerente de Notificação, recebe esses parâmetros e dispara uma leitura no RCN encaminhando para a aplicação as informações da respectiva subscrição - vide figura 6.7. Esta forma de execução definida para o Subscritor faz com que o serviço de sensibilidade ao contexto do EXEHDA-SS possa ser utilizado diretamente pelas aplicações.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<EXEHDA-SS>
<Contexto_Notificado UsuarioId="AFD10-4589E">
<Aplicacao AplicacaoId="100">
<Sensor SensorId="100" SensorDesc="Sensor de Batimento" SensorValor="180" />
<Sensor SensorId="101" SensorDesc="Sensor de Temperatura" SensorValor="28°" />
<Sensor SensorId="102" SensorDesc="Sensor Pressão Arterial" SensorValor="190110" />
</Aplicacao>
</Contexto_Notificado>
</EXEHDA-SS>
```

Figura 6.7: Exemplo de Notificação às Aplicações (VENEZIAN, 2010)

6.2 Considerações sobre o Capítulo

Neste capítulo foram apresentadas a concepção e modelagem do uMED, sendo discutida a modelagem de arquitetura de *software*, bem como as suas partes: Gerente de Atuação, Gerente de Aplicações e o Gerente de Borda no qual contém o módulo coletor e o módulo atuador. Também foi discutido nesse capítulo uma descrição do Servidor de Contexto utilizado no uMED. O próximo capítulo, apresenta as considerações finais, as publicações realizadas e o cronograma de atividades.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A computação ubíqua vem mostrando potencial para atender necessidades de aplicações de diversas áreas do mundo real. Um setor importante no qual as tecnologias ubíquas têm sido aplicadas é o domínio dos cuidados com a saúde. Como citado previamente, em ambientes de saúde, os usuários médicos e enfermeiros estão constantemente em movimento, seja deslocando-se entre setores de um hospital ou no ambiente externo ao mesmo. O ambiente do escopo dessa proposta é voltado para auxiliar estes profissionais de saúde em sua rotina diária nos hospitais, no que diz respeito aos cuidados de saúde de pacientes que necessitam de supervisão constante. A rotina destes profissionais envolve nomadismo e fragmentação de atividades, conforme apontado nos capítulos iniciais desta dissertação.

Uma das formas de prestar suporte ao nomadismo dos profissionais de saúde é permitir que ele continue executando sua atividade, sabendo que determinados pacientes estão sob monitoramento e as informações decorrentes estão disponíveis de qualquer lugar bastando para isso ter acesso a um dispositivo computacional, como por exemplo, PDA, *Notebook*, *Desktop* entre outros. Sendo assim, este profissional de saúde não necessariamente precisa se deslocar até determinado paciente para saber o estado de saúde que ele se encontra, otimizando suas rotinas de trabalho.

Com o objetivo de colaborar para superar alguns desafios da área de medicina ubíqua, essa dissertação está propondo uma arquitetura sensível ao contexto que gerencia sinais vitais de pacientes, com possibilidade de alteração de regras de monitoramento em tempo de execução. Entende-se por tempo de execução a flexibilidade da arquitetura de software em reconfigurar as regras para manipulação e processamento das informações contextuais dinamicamente. O uso de tal arquitetura em um sistema de apoio a vida irá possibilitar uma diminuição no nomadismo e fragmentação de atividades exercidas pelos profissionais de saúde e com isso a possibilidade de um ganho de produtividade, já que haverá menos investimento de tempo em deslocamentos.

A proposta do uMED contemplará além do monitoramento de paciente a possibilidade de gerar alertas conforme regras definidas pelos próprios profissionais de saúde, esses alertas podem ser uma campanha em uma enfermaria do hospital ou até mesmo um SMS ao médico responsável.

Está previsto na arquitetura do uMED a possibilidade de intervenção, ou seja, atuar no ambiente. A partir dos dados obtidos através do monitoramento o profissional de saúde pode decidir a partir dos mesmos, e promover o acionamento, regulagem ou desligamento de algum equipamento médico que esteja junto a um determinado paciente, por exemplo, aparelho de oxigênio.

Nos esforços inerentes a esta dissertação destaca-se a continuidade da pesquisa desenvolvida pelo G3PD no Mestrado em Ciência da Computação, da UCPeL (PP-GINF/UCPEL), a qual vem explorando alternativas para sensibilidade ao contexto na computação ubíqua.

7.1 Publicações Realizadas

- CIC-UCPEL 2009: RODRIGUES, Sérgio, YAMIN, Adenauer C. Sistematizando Desafios de Pesquisa em Medicina Ubíqua. Congresso de Iniciação Científica da Universidade Católica de Pelotas. Pelotas, RS. 8ª Mostra de Pós-Graduação, 2009.
- ERAD 2010: RODRIGUES, Sérgio, YAMIN, Adenauer, AUGUSTIN, Iara. Revisando o Desenvolvimento de Aplicações na Medicina Ubíqua. In 10ª Escola Regional de Alto Desempenho, 2010, Passo Fundo-RS. ERAD 2010 - Fórum de Pós-Graduação da 10ª Escola Regional de Alto Desempenho, 2010. p.137-138.
- CBIS 2010: RODRIGUES, Sérgio, VENECIAN Luthiano. uMED - Uma Proposta Baseada em Processamento Semântico para Medicina Ubíqua. In XII Congresso Brasileiro de Informática na Saúde CBIS, Porto de Galinhas-PE. CBIS 2010. (Submetido)
- CLCAR 2010: RODRIGUES, Sérgio, YAMIN, Adenauer, GEYER, Cláudio, VENECIAN, Luthiano. Explorando o Processamento Semântico para Sensibilidade ao Contexto na Computação em Grade. Conferência Latino Americana de Computação de Alto Rendimento CLCAR, Gramado-RS. CLCAR 2010. (Submetido)
- WSCAD 2010: RODRIGUES, Sérgio, YAMIN, Adenauer, GEYER, Cláudio, VENECIAN, Luthiano, WARKEN, Nelsi, DILLI, Renato, LOPES, João. Uma Abordagem Baseada em Processamento Semântico para o Tratamento de Informações Contextuais na Computação Ubíqua. In XI Simpósio de Sistemas Computacionais WSCAD, Petrópolis-RJ. WSCAD 2010. (Submetido)

7.2 Cronograma de Atividades

Atividades:

1. Revisão bibliográfica sobre o escopo do trabalho: medicina ubíqua, ambientes de medicina ubíqua e computação ubíqua (CONCLUÍDO).
2. Estudo de projetos relevantes em medicina ubíqua (CONCLUÍDO).
3. Estudo do serviços do *middleware* EXEHDA (CONCLUÍDO).
4. Estudo de tecnologias para interoperabilidade e comunicação de sistemas distribuídos (EM ANDAMENTO).
5. Planejamento de qual demandas da medicina ubíqua serão abordadas (EM ANDAMENTO).

Atividades/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	x	x	x	x								
2	x	x	x	x	x							
3			x	x	x	x						
4					x	x	x	x				
5							x	x				
6							x	x				
7								x	x	x		
8											x	
9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
11												x

6. Criar o design da infraestrutura de *software* para a demanda da medicina ubíqua (EM ANDAMENTO).
7. Elaboração do *framework* uMED que atenda a demanda necessária (A SER REALIZADO).
8. Avaliação do *framework* proposto (A SER REALIZADO).
9. Escrita de artigos sobre o tema da dissertação (EM ANDAMENTO).
10. Escrita da dissertação (EM ANDAMENTO) .
11. Defesa da dissertação (A SER REALIZADO).

De modo resumido os esforços da dissertação II estão focados nos seguintes aspectos:

- Elaboração do *framework* uMED;
- Avaliação do uMED.
- Simulações e testes.

REFERÊNCIAS

AUGUSTIN, I. **Abstrações para uma Linguagem de Programação Visando Aplicações Móveis em um Ambiente de Pervasive Computing**. 2004. 194p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre, RS.

AUGUSTIN, I.; YAMIN, A.; SILVA, F. L.; FERREIRA, G. L.; RIZZETTI, T. A. Grade Computacional como Infraestrutura para a Computação Pervasiva Ubiqua. **Escola Regional de Alto Desempenho ERAD 2008**, [S.l.], Março 2008.

BARDRAM, J. Hospitals of the Future - Ubiquitous Computing Support for Medical Work in Hospitals. **2nd Workshop on Ubiquitous Computing for Pervasive Healthcare Applications**, Seattle, 2003.

BARDRAM, J. Activity-based computing for medical work in hospitals. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction**, [S.l.], v.16, n.2, june 2009.

BARDRAM, J.; BOSSEN, C. Mobile Work - The Spatial Dimension of Collaboration at a Hospital. **Computer Supported Cooperative Work**, [S.l.], v.14, n.2, p.131–140, 2005.

BARDRAM, J. E. Applications of Context-Aware Computing in Hospital Work: Examples and Design Principles. **Proceedings of the 2004 ACM Symposium on Applied Computing**, [S.l.], p.1574–1579, 2004.

BARDRAM, J. E.; CHRISTENSEN, H. B. Pervasive computing support for hospitals: An overview of the activity-based computing project. **Personal Ubiquitous Comput**, [S.l.], v.6, n.1, p.44–51, 2007.

BROWN, I.; ADAMS, A. The ethical challenges of ubiquitous healthcare. **International Review of Information Ethics**, [S.l.], v.8, n.54-59, Dezembro 2007.

CAVALCANTI, D. e. a. Issues in integrating cellular networks wlans, and manets: a futuristic heterogeneous wireless network. **IEEE Wireless Communications**, [S.l.], v.12, n.3, 2005.

CFM, . **Resolução 1.629/2002 do Conselho Federal de Medicina**. Disponível em: < <http://www.arnaut.eti.br/ResoCFM.htm> >. Acesso em março de 2010.

CFM, . **Resolução 1.821/2007 do Conselho Federal de Medicina**. Disponível em: < <http://www.sbis.org.br/indexframe.html> >. Acesso em maio de 2010.

CHALMERS, D. e. a. **Ubiquitous Computing: Experience, Design and Science**. Disponível em: < <http://www-dse.doc.ic.ac.uk/Projects/UbiNet/GC/index.html> >. Acesso em novembro de 2009: [s.n.], 2006.

COSTA, C. A.; YAMIN, A. C.; GEYER, C. F. R. Toward a General Software Infrastructure for Ubiquitous Computing. **IEEE Pervasive Computing**, Los Alamitos, CA, USA, v.7, n.1, p.64–73, 2008.

COULORIS, G.; DOLLIMORE, J.; KINDBERG, T. (Ed.). **Distributed Systems - Concepts and Design**. [S.l.]: Addison Wesley, 2005. 657 - 719p. n.cap. 6.

DAVID, L. B. Ubiquitous Computing. **Emerging Technologies for Learning**, [S.l.], v.2, 2007.

DINIZ, J. **UbiDoctor: Arquitetura de Serviços para Gerenciamento de Sessão e Adaptação de Conteúdo em Ambientes de Medicina Ubíqua**. 2009. 178p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, PE.

FAVELA, J.; RODRIGUEZ, M.; PRECIADO, A.; GONZALES, V. M. Integrating Context-Aware Public Displays Into a Mobile Hospital Information System. **IEEE Transactions On Information Technology In Biomedicine**, [S.l.], v.8, n.3, p.279–286, Setembro 2004.

GOULARTE, R. **Personalização e Adaptação de Conteúdo Baseadas em Contexto para TV Interativa**. 2003. 262p. Tese (Doutorado em Ciências Matemáticas e de Computação) — Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, SP.

GREGORY, A.; ELIZABETH, M. Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction**, [S.l.], 2000.

GRIMM, R.; BERSHAD, B. . **Future Directions: System Support for Pervasive Applications**. Disponível em: < <http://cs.nyu.edu/rgrimm/one.world/papers/fudico02.pdf/>>. Acesso em novembro de 2009.

INFOEXAME. Smartphones, porque é hora de comprar um e aposentar seu celular. , [S.l.], n.257, Agosto 2007.

ISAM. **InfraEstrutura de Suporte às Aplicações Móveis**. Disponível em: < <http://www.inf.ufrgs.br/isam/index.html>>. Acesso em março de 2010.

JANSEN, E. e. a. A Programming Model for Pervasive Spaces. **In International Conference on Service-Oriented Computing**, Netherlands, Dezembro 2005.

JENA. **Jena - A Semantic Web Framework for Java**. Disponível em: < <http://jena.sourceforge.net/> >. Acesso em 02/2010.

JOHNSON, T. **Uma Arquitetura de Computação Pervasiva para Trabalho de Campo**. 2005. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, PE.

LNCC. **Laboratório Nacional de Computação Científica**. Disponível em: < <http://www.lncc.br/eventoSeminario/eventoconsultar.php-idtevento=743> >. Acesso em abril de 2010.

LOPES, J. L.; PILLA, M. L.; YAMIN, A. C. EXEHDA: a Middleware for Complex, Heterogeneous and Distributed Applications. **Iberian-American Conference on Technology Innovation and Strategic Areas**, Rio de Janeiro, Brazil, Maio 2007.

LORINCZ, K. e. a. Sensor Networks for Emergency Response: Challenges and Opportunities. **IEEE Pervasive Computing**, [S.l.], v.3, n.4, p.16–23, 2004.

MACIEL, R. S. P.; ASSIS, S. R. Middleware: Uma Solução para o Desenvolvimento de Aplicações Distribuídas. **Científico - Ano IV**, [S.l.], Janeiro 2004.

MEDERIOS, R. A. **Estudo de Três Casos de Telemedicina no Brasil, nos Períodos de 2005 e 2006**. 2009. 171p. Tese (Doutorado em Ciências) — Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, SP.

MITCHELL, S. e. a. Context-Aware Multimedia Computing in the Intelligent Hospital. **In Proceedings of the 9th ACM SIGOPS European Workshop**, ACM Press, p.13–18, 2000.

PEDERSEN, J. B.; MOGENSEN, M.; BARDRAM, J. E. The ABC adaptive fusion architecture. **Proceedings of the 4th international workshop on Middleware for Pervasive and Ad-Hoc Computing (MPAC 2006)**, [S.l.], v.182, 2006.

PERTMED, . **PERTMED - Sistema de TeleMedicina Móvel**. Disponível em: < <http://pertmed.wkit.com.br/pertmed/doku.php> >. Acesso em novembro de 2009.

PHAM, T. L.; SCHNEIDER, G.; GOOSE, S.; PIZANO, A. Composite Device Computing Environment: A Framework for Situated Interaction Using Small Screen Devices. **Personal Ubiquitous Computing**, [S.l.], v.5, n.1, p.25–38, 2001.

RANGANATHAN, A. e. a. Towards a Pervasive Computing Benchmark. **In 3rd International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom)**, [S.l.], Dezembro 2005.

RIZZETTI, T. A. **Um Ambiente de Contexto Personalizado e Orietando a Tarefas na Arquitetura ClinicSpace**. 2010. Tese de Mestrado em Ciência da Computação — PPGI/UFSM, Santa Maria, RS.

RODRIGUEZ, M. D. e. a. Location-Aware Access to Hospital Information and Services. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine**, [S.l.], v.8, n.4, p.448–455, 2004.

SAHA, D.; MUKHERJEE, A. Pervasive Computing: A Paradigm for the 21st Century. **Computer**, **IEEE Computer Society Press**, [S.l.], v.36, n.3, p.25–31, 2003.

SATYANARAYANAN, M. Pervasive Computing: Vision and Challenges. **IEEE Personal Communications**, [S.l.], v.4, n.8, p.10–17, Agosto 2001.

SCHMIDT, D. Trends in distributed object computing. **Parallel and Distributed Computing Practices**, [S.l.], v.3, n.1, 2000.

SILVA, F. L. da. **ClinicSpace**: Modelagem de uma Ferramenta-Piloto para Definição de Tarefas Clínicas em um Ambiente de Computação Pervasiva Baseado em Tarefas e Direcionado ao Usuário-Final. 2010. Tese de Mestrado em Ciência da Computação — PPGI/UFSM, Santa Maria, RS.

STRUZIK, Z. R. e. a. Mobile Nurse: Platform for Ubiquitous Medicine. **Methods of Information in Medicine**, [S.l.], v.46, n.2, p.140–146, Dezembro 2007.

TENTORI, M.; FAVELA, J. Activity-Aware Computing for Healthcare. **IEEE Pervasive Computing**, [S.l.], v.7, n.2, p.51–57, Abril 2008.

TOMCAT APACHE, . **The Oficial Tomcat Apache Site**. Disponível em: < <http://tomcat.apache.org>>. Acesso em novembro de 2009.

VARSHNEY, U. Pervasive Healthcare. **IEEE Computer**, [S.l.], v.36, n.12, p.138–140, 2003.

VENECIAN, L. R. **EXEHDA-CS**: Um Mecanismo para Sensibilidade ao Contexto com Suporte Semântico. 2010. Tese de Mestrado em Ciência da Computação — PPGINF/CPOLI/UCPEL, Pelotas, RS.

VIEGAS, S. Telemedicine - Practicing in the Information Age. , [S.l.], p.13–18, 1998.

VOIDA, S. Integrating virtual and physical context to support knowledge workers. **IEEE Pervasive Computing**, [S.l.], v.1, n.3, 2002.

WARKEN, N. **EXEHDA-DA**: Uma Proposta de Controle da Adaptação Dinâmica ao Contexto na Computação Ubíqua. 2010. Tese de Mestrado em Ciência da Computação — PPGINF/CPOLI/UCPEL, Pelotas, RS.

WEGDAM, M. Awareness: A project on context aware mobile networks and services medical systems international. **In the Proceedings of the 14th Mobile and Wireless Communications Summit**, [S.l.], p.19–23, Junho 2005.

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. **Scientific American**, [S.l.], v.3, n.265, p.94–104, Setembro 1991.

WEISER, M.; GOLD, R.; BROWN, J. S. The Origins of Ubiquitous Computing Research at Parc in the Late 1980s. **IBM Syst. J.**, [S.l.], v.38, n.4, p.693–696, 1999.

WOOTTON, R.; CRAIG, J.; PATTERSON, V. (Ed.). **Introduction to Telemedicine**. London: The Royal Society of Medicine Press Ltd, 2006. 206p. n.2.

YAMIN, A. **Arquitetura para um Ambiente de Grade Computacional Direcionado às Aplicações Distribuídas Móveis e Conscientes do Contexto da Computação Pervasiva**. 2004. 195p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre, RS.

YAMIN, A. e. a. EXEHDA: adaptative middleware for building a pervasive grid environment. **In: Frontiers in Artificial intelligence and Applications - Self - Organization and Automatic Informatics**, New York, p.203–219, 2005.

YAU, S.; YU, W.; KARIM, F. Development of Situation-Aware Application Software for Ubiquitous Computing Environments. **Proceedings of the 26th Annual International Computer Software and Applications Conference - COMPSAC**, [S.l.], p.233–238, 2002.