

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DE REDES DE
COMPUTADORES

ELOISIO ANDREY BERGAMASCHI

**Um modelo de arquitetura para a próxima
geração de aplicações e serviços de
Realidade Aumentada**

Trabalho de Conclusão apresentado como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Especialista

Prof. Dr. Valter Roesler
Orientador

Prof. Valter Roesler
Prof. Alexandre da Silva Carissimi
Coordenadores do Curso

Porto Alegre, outubro de 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Aldo Bolten Lucion

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Flávio Rech Wagner

Coordenador do Curso: Prof. Valter Roesler

Vice-Coordenador do Curso: Prof. Alexandre da Silva Carissimi

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos. À Mirela minha companheira e excelente cozinheira, pelo apoio, amor, carinho e compreensão durante os muitos dias e noites dedicados à elaboração deste trabalho. Agradeço ao professor Valter Roesler que aceitou o desafio de orientar este trabalho e pelas horas dedicadas à revisão do mesmo. Agradeço a José Augusto de Oliveira Neto pela oportunidade de realizar este curso e conciliar as demandas profissionais. Aos amigos e colegas de trabalho, pelo apoio e suporte durante minha ausência nos muitos momentos dedicados à elaboração desta monografia. Agradeço a todos que auxiliaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS | 5 |
| LISTA DE FIGURAS | 6 |
| RESUMO | 8 |
| ABSTRACT..... | 9 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 2 REALIDADE AUMENTADA..... | 13 |
| 2.1 Histórico e definições..... | 13 |
| 2.2 Elementos de um sistema de Realidade Aumentada | 16 |
| 2.3 Aplicações e serviços de Realidade Aumentada..... | 17 |
| 3 REDES DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS | 23 |
| 3.1 Aspectos históricos..... | 23 |
| 3.2 Evolução tecnológica..... | 24 |
| 3.3 Redes móveis do futuro..... | 27 |
| 3.4 Evolução dos serviços | 29 |
| 4 TECNOLOGIAS DE SUPORTE..... | 32 |
| 4.1 Internet of Things | 32 |
| 4.2 Computação móvel, pervasiva e ubíqua..... | 36 |
| 4.3 Computação sensível ao contexto | 38 |
| 4.4 Web semântica e metaweb | 40 |
| 4.5 Wearable Computing..... | 45 |
| 5 MODELO DE ARQUITETURA..... | 51 |
| 5.1 Módulos da Arquitetura..... | 52 |
| 5.2 Arquitetura proposta e tecnologias envolvidas | 55 |
| 6 CONCLUSÃO | 58 |
| REFERÊNCIAS..... | 60 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| AMPS | Advanced Mobile Phone System |
| ANATEL | Agência Nacional de Telecomunicações |
| AT&T | American Telephone & Telegraph |
| CDMA | Code Division Multiple Access |
| CPqD | Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações |
| DARPA | Defense Advanced Research Projects Agency |
| ERB | Estação Rádio Base |
| GPS | Global Position System |
| GSM | Global System Mobile |
| HTML | HyperText Markup Language |
| LAN | Local Area Network |
| LBS | Location Based Services |
| MIT | Massachusetts Institute of Technology |
| MTA | Mobile Telephony A |
| NASA | National Aeronautics and Space Administration |
| OWL | Web Ontology Language |
| PAN | Personal Area Network |
| RDF | Resource Description Framework |
| RFID | Radio-Frequency Identification |
| TACS | Total Access Communications System |
| TDMA | Time Division Multiple Access |
| TIC | Tecnologias de Informação e Comunicação |
| UIT | União Internacional de Telecomunicações |
| URI | Uniform Resource Identifier |
| XML | Extensible Markup Language |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1: Protótipo de sistema de realidade aumentada..... | 13 |
| Figura 2.2: Informações visualizadas através do sistema | 14 |
| Figura 2.3: Equipamento utilizado por usuário em ambiente externo | 14 |
| Figura 2.4: Ambiente de realidade misturada | 15 |
| Figura 2.5: Diagrama dispositivo para visualização de RA através de óculos | 17 |
| Figura 2.6: Diagrama dispositivo para visualização de RA através de monitores | 17 |
| Figura 2.7: Modelo de oportunidades de negócio..... | 19 |
| Figura 2.8: Exemplo de aplicação com marcador Adidas..... | 20 |
| Figura 2.9: Exemplo de aplicação com marcador BMW | 20 |
| Figura 2.10: Exemplo de aplicação Sekai Camera..... | 21 |
| Figura 2.11: Exemplo de aplicação Layar..... | 21 |
| Figura 2.12: Exemplo de aplicação futura na saúde | 22 |
| Figura 2.13: Exemplo de aplicação futura no comércio | 22 |
| Figura 3.1: Evolução das tecnologias de comunicação móvel..... | 25 |
| Figura 3.2: Convergência dos canais | 26 |
| Figura 3.3: Evolução do mercado de comunicações..... | 26 |
| Figura 3.4: Evolução das tecnologias móveis e velocidades de transmissão..... | 27 |
| Figura 3.5: Composição de redes em Ambient Networks..... | 28 |
| Figura 3.6: Suporte ao comportamento individual..... | 29 |
| Figura 3.7: Evolução dos serviços em comunicação móvel..... | 29 |
| Figura 3.8: Cérebro para sociedade..... | 30 |
| Figura 3.9: A internet do futuro..... | 30 |
| Figura 4.1: O ecossistema da Internet of Things | 33 |
| Figura 4.2: O smartphone como um mediador entre a pessoa, objetos e a internet..... | 34 |
| Figura 4.3: Roadmap tecnológico - Internet of Things | 35 |
| Figura 4.4: Relação entre computação Móvel, Pervasiva e Ubíqua..... | 37 |
| Figura 4.5: Sociedade ubíqua..... | 38 |
| Figura 4.6: Modelo de contexto em 3D | 39 |
| Figura 4.7: Broker para informação contextual | 43 |
| Figura 4.8: Metaweb | 43 |
| Figura 4.9: Diagrama da patente da Metaweb | 44 |
| Figura 4.10: Dispositivo Nike Plus | 46 |
| Figura 4.11: Dispositivo BioHarness | 46 |
| Figura 4.12: Dispositivo BodyMedia FIT | 46 |
| Figura 4.13: Camisa textrônica Nuubo | 47 |
| Figura 4.14: Óculos Vuzix 920AR Wrap..... | 47 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.15: Dispositivo XWave..... | 48 |
| Figura 4.16: Sixthsense | 48 |
| Figura 4.17: Real-Time Hand-Tracking..... | 49 |
| Figura 4.18: Conceito de lente de contato..... | 50 |
| Figura 5.1: Modelo de Arquitetura..... | 51 |
| Figura 5.2: Arquitetura proposta e tecnologias envolvidas..... | 55 |
| Figura 5.3: Estágio do desenvolvimento das tecnologias | 56 |

RESUMO

A evolução da convergência das tecnologias da informação está permitindo a criação de aplicações e serviços nunca antes imaginados. Considerando o crescimento exponencial de informações disponíveis no mundo virtual e suas relações com objetos no mundo real, a necessidade de personalizar o conteúdo e apresentá-lo para o usuário de uma forma simples e intuitiva torna-se evidente.

Uma das alternativas para resolver este dilema pode estar na Realidade Aumentada. O tema encontra-se na ascensão do chamado “Hype Cycle” do Gartner para tecnologias emergentes, o que indica que ainda existem muitas dúvidas sobre o futuro desta tecnologia, com uma série de expectativas sobre suas aplicações.

Com base nisso, este trabalho efetua um estudo com o objetivo de analisar as tecnologias que darão suporte à nova geração de serviços e aplicações de Realidade Aumentada, relatando o estado atual e tendências futuras. Adicionalmente, o trabalho propõe um modelo de arquitetura que relaciona essas diferentes tecnologias envolvidas.

Na análise das principais tecnologias foi possível observar que embora existam protótipos e até mesmo produtos disponíveis no mercado utilizando estas tecnologias, ainda existe um longo caminho a ser percorrido para que as tecnologias de suporte estejam avançadas o suficiente para o desenvolvimento da nova geração de aplicações e serviços de Realidade Aumentada. O modelo de arquitetura proposto foi dividido em 7 módulos - Localização, Ambiente, Perfil, Estado, Agregação, Personalização e Interação. Em cada um destes módulos foram relacionadas as tecnologias associadas, sendo que as tecnologias de redes de comunicação móvel e computação ubíqua foram as que apresentaram maior associação, seguidas pela web semântica, wearable computing, computação sensível ao contexto e internet of things. Ainda, demonstrou-se o estágio atual de desenvolvimento de cada uma das tecnologias envolvidas, onde identificou-se que o tempo médio previsto para o ingresso da nova geração de aplicações e serviços de Realidade Aumentada no mercado é de 5 a 10 anos.

Palavras-Chave: Realidade Aumentada, Computação Ubíqua, Comunicação móvel.

A model of architecture for the next generation of Augmented Reality services and applications

ABSTRACT

The evolution of the convergence of information technology is enabling the creation of applications and services never before imagined. Considering the exponential growth of information available in the virtual world and their relationships with objects in the real world, the need to customize the content and present it to the user in a simple and intuitive becomes evident.

One alternative to solve this dilemma may lie in Augmented Reality. The theme is in the ascendant called "Hype Cycle" for emerging technologies from Gartner, which indicates that there are still many doubts about the future of this technology, with a series of expectations about their applications. Thus, a study was conducted with the aim of analyzing the technologies that will support next-generation services and Augmented Reality applications, reporting the current status and future trends and proposed an architectural model that relates these different technologies involved.

In the analysis of the key technologies was observed that are prototypes and even products on the market using these technologies, although there is still a long way to go to the supporting technologies be advanced enough to develop the next generation of Augmented Reality applications and services. The proposed architecture model was divided into seven modules - Location, Environment, Profile, state, aggregation, personalization and interaction. In each of these modules are related associated technologies, mobile communication networks and ubiquitous computing showed the greatest association, followed by the semantic web, wearable computing, context-sensitive computing and internet of things. It was shown the current stage of development of each of the technologies involved, where it was found that the average time anticipated for the entry of the new generation of augmented reality applications and services in the market is 5 to 10 years.

Keywords: Augmented Reality, Ubiquitous Computing, Mobile Communication.

1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos alcançados nas áreas de telecomunicações e computação no último século permitiram o avanço da sociedade para um novo modelo pós-industrial. A invenção do motor analítico por Charles Babbage em 1834, do telégrafo por Samuel Morse em 1844, do telefone por Graham Bell em 1876, do rádio por Marconi em 1895 e do transistor por Bardeen e Brattain em 1947 foram os marcos iniciais para a construção do atual paradigma técnico-econômico em que vivemos conhecido como Sociedade da Informação.

Neste paradigma as tecnologias de informação e comunicação possuem um papel fundamental, servindo como base para a construção da infra-estrutura por onde o conhecimento e a informação trafegam. Desde a introdução dos primeiros computadores pessoais no mercado entre as décadas de 1970 e 1980, os computadores nunca mais saíram de nossas vidas, sendo parte integrante do cotidiano da Sociedade da Informação, estando presentes na execução das tarefas do dia a dia no trabalho, em casa ou até mesmo no lazer, nos auxiliando em atividades simples, como redigir um documento, até atividades complexas como o sequenciamento do genoma humano.

Com a telefonia móvel ocorreu o mesmo fenômeno, desde o lançamento comercial do DynaTAC 8000X pela Motorola em 1983 o número de linhas no mundo cresceu de 12 milhões de linhas em 1990 para 4,6 bilhões em 2009 (UNDATA, 2010; ITU, 2010). É difícil imaginar a vida moderna na Sociedade da Informação sem o uso constante destas tecnologias no cotidiano.

O avanço tecnológico do setor de telecomunicações e a digitalização dos sinais possibilitaram a universalização digital da informação, trazendo com isso uma vantagem significativa – qualquer meio, seja voz, texto ou imagem pode ser codificado como uma seqüência de bits (ITU, 2007). Com isto, setores distintos no passado – telecomunicações e informática, aproximaram-se unindo esforços para o desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). A convergência entre estas duas tecnologias está permitindo a criação de aplicações e serviços nunca antes imaginado.

Esta evolução tecnológica tornou possível fornecer aos usuários, de qualquer lugar, a qualquer hora e usando qualquer tipo de dispositivo o acesso a qualquer tipo de informação seja texto, imagem, áudio ou vídeo, permitindo um mundo conectado, aproximando-se da ideia de McLuhan (1964), onde os meios de comunicação são extensões do homem.

Novos conceitos e tecnologias emergem desta convergência, apontando para uma sociedade cada vez mais permeada por dispositivos computacionais, permitindo ampliar as atividades humanas com novas aplicações e serviços que possam se adaptar às circunstâncias em que serão utilizados.

A evolução da convergência das tecnologias da informação e comunicação possibilitará criar a Internet do Futuro, formada pela internet das pessoas, internet dos serviços, internet da inteligência e a internet das coisas, onde as redes de comunicação serão as bases para a construção da sociedade digital, sendo a ponte para conectar a linha divisória que separa o mundo digital do não digital.

Ao conectar telefones móveis com vários dispositivos para prover serviços adaptados a utilização específica dentro de cada cenário do usuário é possível criar um “cérebro para sociedade” que pode memorizar, determinar e prever sobre uma variedade de eventos e fenômenos, expandindo o potencial de desenvolvimento humano na Sociedade da Informação (NTT DoCoMo, 2008).

Um dos desafios a ser enfrentado neste novo mundo digital será a interface com o usuário. Considerando o crescimento exponencial de informações disponíveis no mundo virtual e suas relações com objetos no mundo real, a necessidade de personalizar o conteúdo e apresentá-lo para o usuário de uma forma simples e intuitiva torna-se evidente.

Uma das alternativas para resolver este dilema pode estar na Realidade Aumentada. O termo Realidade Aumentada refere-se a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais (KIRNER e KIRNER, 2007). A Realidade Aumentada mantém o usuário no seu ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, permitindo a interação com o mundo virtual, de maneira mais natural e sem necessidade de treinamento ou adaptação.

Segundo o estudo elaborado pelo Gartner (2010) a Realidade Aumentada é um tema em evidência no espaço móvel, com plataformas e serviços nas plataformas iPhone e Android, representando a próxima geração de aplicações *location-aware*. O tema encontra-se na ascensão do chamado “Hype Cycle” para tecnologias emergentes, o que indica que ainda existem muitas dúvidas sobre o futuro desta tecnologia, com uma série de expectativas sobre suas aplicações.

Assim, considerando este cenário, o objetivo do presente trabalho é analisar as tecnologias que darão suporte à nova geração de serviços e aplicações de Realidade Aumentada, relatando o estado atual e tendências futuras. Tais estudos e análises visam estabelecer conhecimentos sobre esta tecnologia e os consequentes desafios e benefícios de sua utilização, propondo um modelo de arquitetura que relacione as diferentes tecnologias envolvidas na construção de aplicações para um mundo onde tudo será interativo.

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho foi a pesquisa de caráter exploratório, apoiada em levantamento bibliográfico e documental. De acordo com Mattar (1999) e Gil (1991), a pesquisa exploratória visa prover o pesquisador de

um maior conhecimento sobre o tema ou problema de pesquisa em perspectiva, com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Desta forma, considerando o objetivo do trabalho, julgou-se ser mais adequado a utilização desta metodologia.

O presente trabalho está organizado em 6 capítulos, incluindo este introdutório que apresentou o tema e o objetivo do trabalho. O histórico e definições sobre Realidade Aumentada bem como as aplicações e serviços futuros são apresentados no segundo capítulo. O terceiro capítulo aborda as redes de comunicação móvel, seu histórico e evolução tecnológica. No quarto capítulo são apresentadas as principais tecnologias que darão suporte a nova geração de serviços e aplicações de Realidade Aumentada, relatando o estado atual e tendências futuras. Na sequência é apresentado o modelo de arquitetura que busca relacionar as diferentes tecnologias envolvidas na construção de aplicações para Realidade Aumentada. O sexto e último capítulo apresenta as considerações finais, bem como sugestões para trabalhos futuros.

2 REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada consiste na criação de ambientes reais enriquecidos, mesclando a esses ambientes objetos virtuais, imagens, sons e textos, potencializando-se a utilização dos sentidos do usuário para uma melhor percepção do ambiente. A Realidade Aumentada mantém o usuário no seu ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, permitindo a interação com o mundo virtual, de maneira mais natural e sem necessidade de treinamento ou adaptação.

2.1 Histórico e definições

O primeiro movimento relacionado a Realidade Aumentada foi no final dos anos 60 quando o pesquisador Ivan Sutherland e um grupo de colegas desenvolveram um dispositivo semelhante a um capacete com óculos, conforme pode ser observado na Figura 2.1, que permitia ver elementos criados no computador inseridos no mundo real, onde objetos reais e virtuais interagiam entre si.

Diversos experimentos foram realizados deste então, onde o tema ganhou força através da ficção científica criando uma visão simbiótica do homem-máquina. O tema também foi pesquisado por laboratórios das forças armadas, NASA, MIT, dentre outras universidades nos anos 70 e 80, onde se buscava aplicações práticas para a utilização desta tecnologia (KARIMI; HAMMAD, 2004).

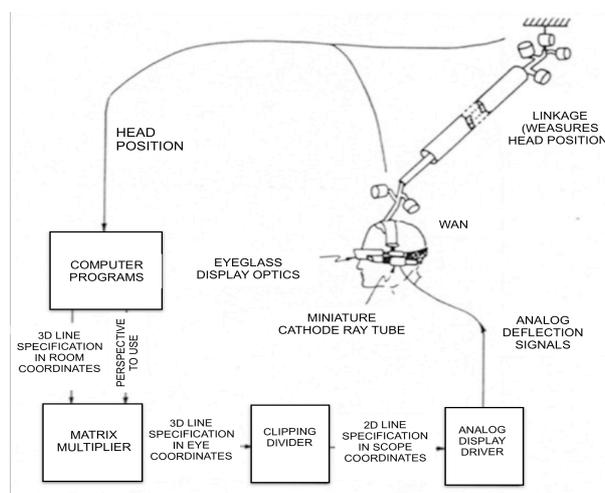


Figura 2.1: Protótipo de sistema de Realidade Aumentada

Fonte: Fuchs, 2008.

Contudo, foi apenas no início dos 90 através do trabalho de Caudell e Mizell (1992) realizado nos laboratórios de pesquisa da Boeing que o conceito ganhou o nome de Realidade Aumentada (RA). Apesar da aplicação de Realidade Aumentada ser concebida para mobilidade, o uso efetivo ocorreu apenas anos mais tarde devido a limitação tecnológica para o desenvolvimento de aplicações deste tipo.

Em 1997 a Universidade de Columbia construiu um dos primeiros protótipos para uso externo que envolvia um sistema de rastreamento (bússola, inclinômetro e GPS diferencial), um computador móvel e um óculos montado a um capacete que permitia gerar elementos em 3D misturados ao ambiente. Através deste dispositivo era possível obter informações sobre prédios e objetos do campus, conforme pode ser observado na Figura 2.2. A Figura 2.3 ilustra o protótipo sendo utilizado por um dos pesquisadores.



Figura 2.2: Informações visualizadas através do sistema
Fonte: Feiner *et al.*, 1997.

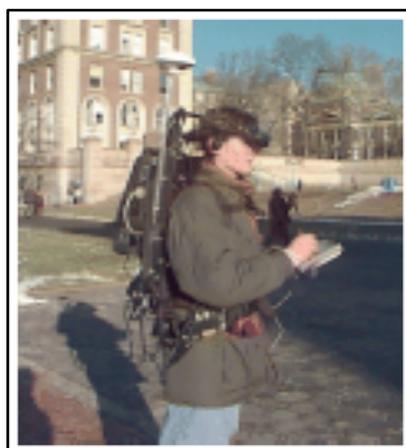


Figura 2.3: Equipamento utilizado por usuário em ambiente externo
Fonte: Feiner *et al.*, 1997.

A Realidade Aumentada é um caso particular de ambiente virtual criado por computador em que o usuário percebe o mundo físico em que habita e simultaneamente tem a percepção gerada por objetos virtuais alinhados no mesmo espaço tridimensional do usuário. Segundo Kirner & Kirner (2007) o termo Realidade Aumentada refere-se a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais.

Um sistema de Realidade Aumentada permite expandir o mundo real com objetos virtuais, criados por computador, de forma que estes objetos coexistam no mesmo espaço do mundo real. Para Azuma *et al* (2001), um sistema de Realidade Aumentada deve ter as seguintes propriedades:

- a) Combinar objetos reais e virtuais em um ambiente real;
- b) Oferecer interatividade em tempo real; e,
- c) Alinhar os objetos virtuais e reais entre si

O sistema é implementado de tal maneira que o cenário real e os objetos virtuais permanecem ajustados, mesmo com a movimentação do usuário no ambiente real. A Realidade Aumentada consiste na criação de ambientes reais enriquecidos, mesclando a esses ambientes, objetos virtuais, imagens, sons e textos, potencializando-se a utilização dos sentidos do usuário para uma melhor percepção do ambiente. Em sistemas de Realidade Aumentada, o mundo real é amplificado com elementos adicionais, oferecendo ao usuário novas possibilidades de obter informações sensoriais, (DAINESE *et al*, 2003; MEIGUINS *et al*, 2006).

A Realidade Aumentada está inserida num contexto mais amplo, denominado realidade misturada. Milgram (1994) define o conceito de realidade mista como a mistura do real e virtual. Os sistemas de realidade mista são classificados em Realidade Aumentada e virtualidade aumentada, que seriam duas regiões de um contínuo de virtualidade que vai do real ao virtual (Figura 2.4). Assim, a realidade misturada pode ser definida como a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais gerados por computador com o ambiente físico, mostrada ao usuário, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, em tempo real.

Embora os termos Realidade Aumentada e virtualidade aumentada sejam considerados casos particulares de realidade misturada, esses termos são usada de maneira indiscriminada predominando o uso do termo Realidade Aumentada.

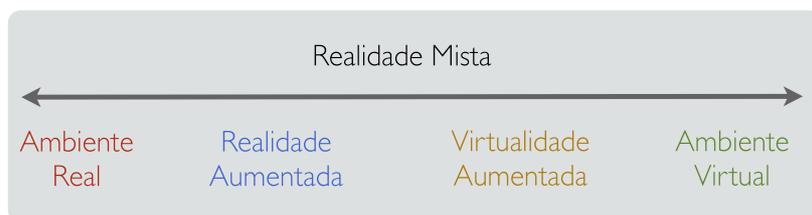


Figura 2.4: Ambiente de realidade misturada
Fonte: Adaptado de Milgram, 1994.

Segundo Gary Hayes (2010), diretor do Laboratório Australiano para Produção de Mídia Avançada (LAMP) existem cinco tipos técnicos de Realidade Aumentada, sendo eles:

- a) Superfície - A forma mais compreensível de Realidade Aumentada seria telas, pisos, paredes, etc, que respondem ao toque das pessoas neles fornecendo-lhes informações em tempo real ou virtual de colaboração.
- b) Padrão - O sistema de RA faz o reconhecimento de padrões em uma forma simples como um marcador (geralmente um cartão enquadrado na cena do mundo real) ou o rosto e substitui um com uma imagem estática ou em movimento como por exemplo: um modelo 3D, informações, áudio, vídeo ou stream loop, etc.
- c) Outline - Este é o local onde sua mão, olho ou contorno corporal é apanhada e mixada com os elementos virtuais. Um exemplo simples de aplicação seria poder pegar um objeto 3D que não existe porque o sistema está seguindo o seu contorno mão.
- d) Localização - Baseado em GPS ou localização detalhada de triangulação e posição da câmera / dispositivo do sistema de informação pode sobrepor elementos de Realidade Aumentada precisamente sobre os edifícios ou pessoas como você se move através do espaço real.
- e) Holograma - Através do uso de fumaça e espelhos os itens virtuais ou reais são projetados no espaço físico de forma a ser interativo através de câmeras de monitoramento baseado em impulsos do mundo real como, por exemplo, gestos ou por sinais de áudio.

2.2 Elementos de um sistema de Realidade Aumentada

O ambiente de Realidade Aumentada utiliza recursos de multimídia, incluindo imagem e som de alta qualidade, e recursos de realidade virtual, incluindo a geração de imagens dos objetos virtuais e a interação em tempo real. Assim, a plataforma computacional para esse ambiente, deve apresentar as características apropriadas para multimídia e realidade virtual, tais como: capacidade de processamento e transferência de mídia (imagem, som, etc.); capacidade de processamento gráfico 3D; interação em tempo real; e suporte a dispositivos não convencionais. Atualmente, os computadores preparados para processar jogos apresentam essas características.

O dispositivo típico de Realidade Aumentada para aplicações móveis consiste em um capacete com visão óptica direta, com óculos semitransparente inclinado, de forma a permitir a passagem da imagem real vista diretamente, além de refletir imagens geradas pelo computador e projetadas na lente por miniprojetores (Figura 2.5). Uma variação deste dispositivo, onde as imagens do mundo real são captadas por uma câmera, misturadas com imagens virtuais e depois projetadas para o usuário através de um monitor, pode ser observada na Figura 2.6. Cabe destacar que a tendência é a

integração de todos estes elementos em um único dispositivo (possivelmente um óculos) que cumpra todas estas funções.

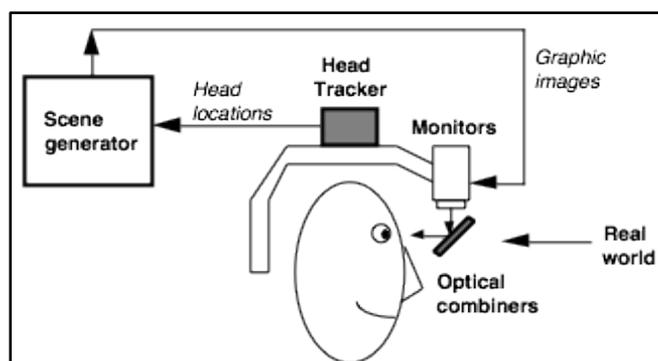


Figura 2.5: Diagrama dispositivo para visualização de RA através de óculos
Fonte: AZUMA, 1997.

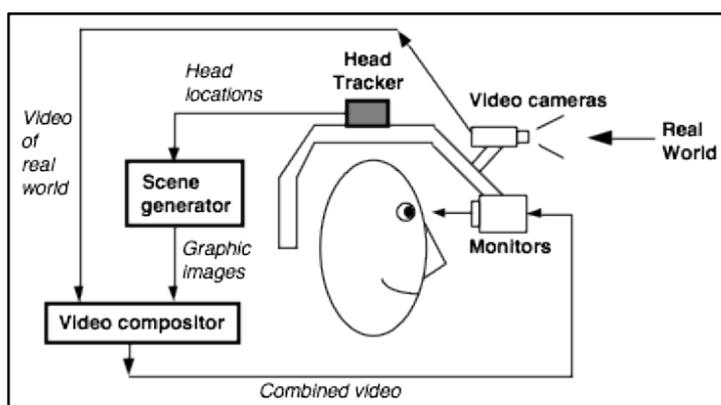


Figura 2.6: Diagrama dispositivo para visualização de RA através de monitores
Fonte: AZUMA, 1997.

2.3 Aplicações e serviços de Realidade Aumentada

A tecnologia de Realidade Aumentada promete revolucionar a forma que interagimos com as aplicações e terminais móveis no futuro. Dentre as diversas áreas de aplicação, é possível citar:

Montagem e construção - Através da Realidade Aumentada é possível a sobreposição de diagramas bem como manuais sobre as peças de montagem, otimizando o trabalho de operários, evitando erros e acidentes. A Boeing foi uma das empresas que mais investiram nesta tecnologia construindo diversos protótipos de Realidade Aumentada que facilitaram a montagem dos cabos elétricos em aviões (MIZELL, 2001).

Turismo - Aplicações que possam além de indicar a localização de destinos, fornecerem informações sobre pontos de interesse em tempo real e de forma interativa com o local visitado. Ao visitar uma ruína histórica, por exemplo, seria possível obter informações sobre a história relacionada, incluindo uma simulação da construção original, tornando a experiência da viagem muito mais rica. Um dos projetos de RA denominado ARCHEOGUIDE (Vlahakis et al., 2002) busca reconstruir um sítio arqueológico permitindo que visitantes visualizem e aprendam sobre a história do local.

Jornalismo - Aplicações de Realidade Aumentada poderia permitir que jornalistas deixassem anotações nos locais em que estiveram fazendo cobertura para que outros jornalistas e fotógrafos pudessem visualizar, permitindo o desenvolvimento muito mais rico da matéria (PAVLIK, 2001).

Arquitetura - Através de aplicações de Realidade Aumentada, arquitetos poderiam visualizar prédios, pontes, dentre outras obras, no seu local de construção, antes de serem construídos, permitindo uma visualização virtual de como será a obra integrada aos elementos reais já existentes no local da construção. Com esta mesma tecnologia, seria possível visualizar como seria a decoração de um ambiente, permitindo a modificação da planta em tempo real, facilitando a interação entre o arquiteto e seu cliente.

Entretenimento - Neste campo de aplicação a Realidade Aumentada tem muito espaço para explorar, desde jogos simples nos moldes de um Pac-Man interativo até jogos no modelo de arena como Quake. Outras aplicações neste campo referem-se a expansão do cinema 3D, onde personagens poderiam interagir com o público, inclusive em áreas externas do cinema (THOMAS et al., 2000).

Medicina - Aplicações de Realidade Aumentada pode auxiliar em cirurgias assistidas, onde o cirurgião pode visualizar informações sobre o paciente em tempo real, permitindo também a interação com outros médicos em tempo real (Fuchs et al., 1998). Nas visitas a pacientes no hospital, médicos e enfermeiras poderiam visualizar o estado do paciente e acessar informações sobre o histórico e evolução do quadro clínico. O médico de um time de futebol poderia acompanhar em tempo real o estado de saúde de seus jogadores em campo, evitando situações extremas para jogadores em risco.

Necessidades especiais - Através de ambientes de Realidade Aumentada é possível o desenvolvimento de sistemas alternativos para o trabalho educacional com crianças portadoras de necessidades especiais, objetivando ampliar o acesso aos canais sensoriais e auxiliar o processo de aprendizagem (AZUMA, 1997 e 2001).

Treinamento militar - A área militar tem investido em pesquisas sobre o potencial de aplicações de Realidade Aumentada no treinamento em campo. Aplicações deste tipo poderiam simular batalhas com diversos cenários, trazendo uma percepção real dos problemas a serem enfrentados em campo (TAPPERT et al., 2001).

Assistente pessoal digital - O uso da Realidade Aumentada permitiria a criação de assistentes virtuais que poderiam nos auxiliar em tarefas do dia-a-dia, carregando todas as informações necessárias para a execução das atividades relacionadas a trabalho,

lazer, esporte, dentre outras. Um dos exemplos de aplicações nessa área seria a criação de um “personal trainer” virtual que poderíamos acessar de qualquer local do mundo para a prática de exercícios, interagindo diretamente com nosso “personal trainer” real. No uso diário este tipo de aplicação poderia suportar e integrar tarefas comuns como email, comunicação de voz, informações de localização, comando de dispositivos eletrônicos, etc, permitindo uma interface unificada de visualização, controle e operação (FEINER, 2002).

Marketing - Nesta área a Realidade Aumentada pode auxiliar de diversas maneiras, desde a personalização de propagandas para o público alvo desejado, evitando o bombardeio de propagandas que não atendem nosso perfil de usuário, até a criação de campanhas interativas com personagens virtuais, enriquecendo a experiência de uso.

Além das aplicações citadas para o uso da Realidade Aumentada, existe muitos outros campos que podem ser explorados com uso desta tecnologia. Hayes (2010) propõe um modelo para identificação de oportunidades de negócio utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada, conforme pode ser observado na Figura 2.7. O eixo X do gráfico indica o valor comercial da aplicação e o eixo Y indica a tendência de adoção das aplicações.

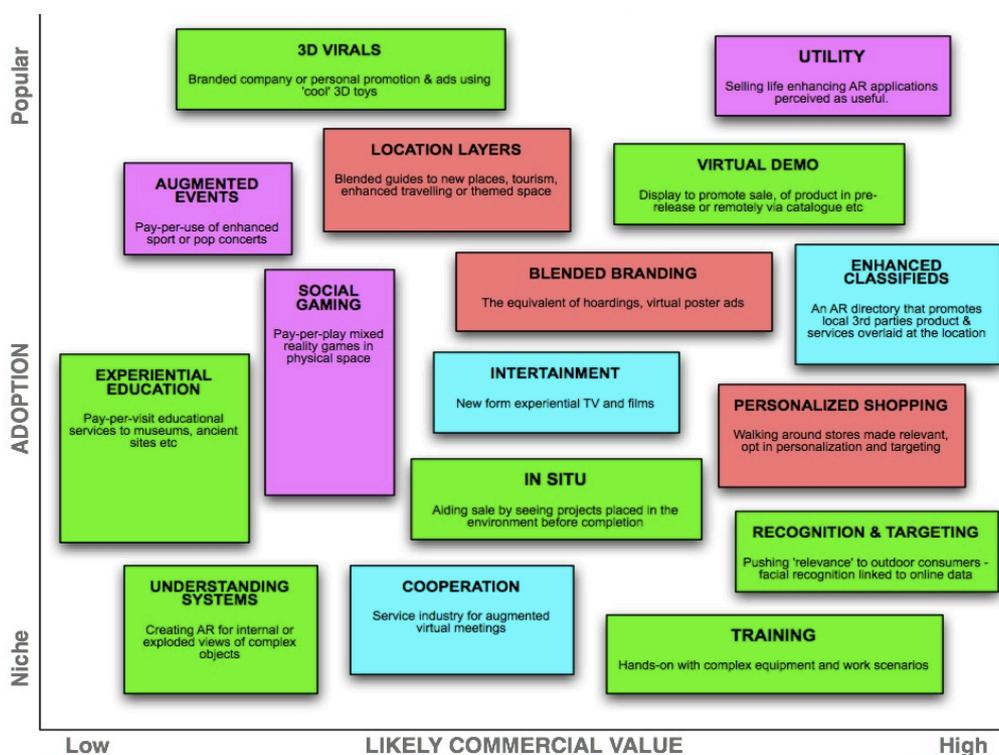


Figura 2.7: Modelo de oportunidades de negócio
 Fonte: Hayes, 2010.

Apesar das diversas possibilidades de uso da Realidade Aumentada as aplicações e serviços ainda são incipientes, sendo que a grande maioria das aplicações em uso atualmente limitam-se a visualização de imagens tridimensionais em computadores, utilizando marcadores impressos em revistas e produtos. Empresas como Adidas, Nike, Peugeot, Kia e BMW tem utilizado esta tecnologia basicamente para promoção e marketing de produtos, exemplos deste tipo de aplicação podem ser observados nas Figuras 2.8 e 2.9. Aplicações deste tipo são denominadas por muitos estudiosos do tema como o primeiro nível da Realidade Aumentada.



Figura 2.8: Exemplo de aplicação com marcador Adidas



Figura 2.9: Exemplo de aplicação com marcador BMW

O segundo nível da Realidade Aumentada começou a ser explorado em 2009 quando surgiram as primeiras aplicações para dispositivos móveis como Layar, Wikitude-AR, WhereMark, WorkSnug, SekaiCamera, AcrossAir, Yelp, dentre outras, apresentando informações dentro do ambiente em que o usuário estava inserido. Exemplos deste tipo de aplicação podem ser observados nas Figuras 2.10 e 2.11. Este tipo de aplicação leva em consideração onde está o usuário e o que está em volta dele. A evolução das tecnologias móveis com maior poder de processamento, suporte a gráficos em 3D, GPS e Bússola permitiu o avanço da Realidade Aumentada nos

dispositivos móveis, tornando-se as lentes de aumento para a visualização da informação. Contudo, a visualização é limitada à tela do dispositivo, não permitindo uma interação com o mundo real.

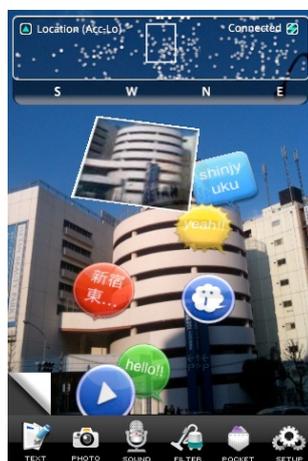


Figura 2.10: Exemplo de aplicação Sekai Camera
Fonte: SEKAI, 2010.



Figura 2.11: Exemplo de aplicação Layar
Fonte: LAYAR, 2010.

A próxima geração de aplicações e serviços de Realidade Aumentada, ou seja, o terceiro nível, permitirá uma verdadeira expansão dos nossos sentidos, se aproximando da ideia de McLuhan (1964), onde os meios de comunicação são extensões do homem. Um dos projetos precursores que busca explorar o potencial destas novas aplicações é o “Sixth Sense” desenvolvido por Pranav Mistry do MediaLab - MIT. Este projeto procura desenvolver uma interface gestual, através da projeção de imagens virtuais no ambiente real, permitindo que o usuário interaja com elas (MIT, 2010). As figuras 2.12 e 2.13 buscam ilustrar exemplos da próxima geração de aplicações e serviços de Realidade Aumentada no nosso cotidiano.



Figura 2.12: Exemplo de aplicação futura na saúde

Fonte: FROGDDESIGN, 2010.



Figura 2.13: Exemplo de aplicação futura no comércio

Fonte: FORBES, 2010.

Contudo, o desenvolvimento de todo o potencial desta nova geração de aplicações e serviços depende da convergência de uma série de tecnologias, como redes de comunicação móveis de alta velocidade, dispositivos móveis com múltiplos processadores, sensibilidade ao contexto, computação ubíqua/pervasiva, busca semântica, reconhecimento de imagem, agentes inteligentes, interfaces e dispositivos para visualização, dentre outras.

Dessa forma, os próximos capítulos deste trabalho buscam explorar as principais tecnologias que darão suporte a essa nova geração de serviços e aplicações de Realidade Aumentada, relatando o estado atual e tendências futuras, propondo também um modelo de arquitetura que relacione as diferentes tecnologias envolvidas na construção de aplicações para um mundo onde tudo será interativo.

3 REDES DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS

A infraestrutura de comunicação móvel é a grande base para o desenvolvimento das novas aplicações e serviços de Realidade Aumentada. É através das redes de comunicação que será possível conectar o usuário e o seu universo à grande nuvem de informação, permitindo assim estender os seus sentidos e expandir a realidade.

3.1 Aspectos históricos

As comunicações móveis tiveram início com os experimentos realizados em Rádio Telefonia, na década de 20, do século passado nos Estados Unidos. Em 1947, a empresa americana Bell Company, desenvolveu um sistema que permitia a utilização de telefonia móvel dentro de uma determinada área, utilizando o conceito de células, ou áreas de cobertura, derivando daí o nome celular. Os primeiros telefones móveis eram usualmente utilizados em carros e, ainda em 1947, a AT&T lançou o serviço de comunicação móvel em uma auto-estrada, entre Boston e Nova Iorque depois do lançamento da primeira rede de telefonia móvel, em St. Louis (AGAR, 2003). A procura por serviços de rádio telefonia tornou-se tão grande na época que os consumidores aguardavam em listas de espera para ter acesso a uma conexão de telefonia móvel. A razão por essa longa espera era devido à limitação do espectro de frequência.

Em 1968, as empresas AT&T e Bell Company definiram o sistema de uso de torres, para atender aos usuários, conforme seu deslocamento e, em 1973, a Bell já possuía um sistema de comunicação instalado em carros de polícia. Neste mesmo ano, Martin Cooper, funcionário da Motorola, patenteou o primeiro telefone celular, sendo a primeira empresa a incorporar a tecnologia de comunicação móvel para um dispositivo de uso pessoal, fora de um veículo (AGAR, 2003). O primeiro modelo de Cooper pesava cerca de um quilo, tinha 25 cm de comprimento e 7 cm de largura, e a bateria durava apenas 20 minutos. Apesar de suas limitações, a novidade representou um grande avanço em relação aos telefones móveis utilizados nos carros, a partir da década de 40, nos Estados Unidos. Apenas 10 anos após a primeira ligação de Cooper, é que a novidade passou a ser comercializada. Em 1983, pelo valor de US\$ 4 mil, tornou-se possível adquirir o Motorola DynaTAC 8000X (ACEL, 2007). Neste mesmo período, o primeiro sistema de telefonia celular conhecido como AMPS (Advanced Mobile Phone Services) entrou em operação comercial nos Estados Unidos.

Na Europa, o desenvolvimento da telefonia móvel seguiu outro caminho. Em 1956, a empresa sueca Ericsson desenvolveu o primeiro sistema automático de telefonia móvel. O primeiro sistema totalmente automatizado, denominado *Mobile Telephony A* (MTA), foi utilizado por algumas centenas de assinantes em cidades como Estocolmo e Gotenburgo. Sem a necessidade de controles manuais, os usuários precisavam apenas discar os números para efetuar uma chamada. Construído para a Administração Sueca de Telecomunicações (hoje denominada TeliaSonera), o sistema operava na banda de 160MHz, usando sinais pulsados entre o terminal e a estação rádio-base. Cada rádio-base comportava cerca de 100 usuários. Inicialmente, a telefonia móvel foi sinônimo de telefones em carros, ou de comunicações de voz por meio de rádios móveis usados em carros. O equipamento MTA havia sido projetado inicialmente para a utilização em carros, sendo muito diferente dos pequenos aparelhos portáteis de hoje. Em 1981, a Ericsson lançou o primeiro sistema moderno de telefonia móvel, a Telefonia Móvel Nórdica (*Nordic Mobile Telephony - NMT*) (ERICSSON, 2007).

Na década de 80, a Europa utilizava os padrões de rede *Nordic Mobile Telephone* (NMT) e *Total Access Communications System* (TACS), sendo este uma variação do padrão utilizado nos Estados Unidos, conhecido como AMPS. De acordo com Banks (2001), a incompatibilidade entre os diferentes padrões tornava difícil o *roaming* (ligações fora da área de origem) entre países, dificultando a comunicação em viagens. Em janeiro de 1991, começa a operar, na Europa, um padrão tecnológico chamado *Global Systems for Mobile Communications* (GSM) com tecnologia digital e solucionando diversos problemas como uso fraudulento de contas e escutas. A partir disso, foram determinadas também as regras que trouxessem economia de escala, permitindo que muitos países europeus seguissem esse padrão, fazendo com que o GSM se tornasse a principal tecnologia da segunda geração de telefonia móvel. Apesar da grande adesão dos países europeus ao sistema GSM, o Federal Communication Commission (FCC) dos Estados Unidos evitou determinar padrões. Com isso, cinco tecnologias passaram a atuar no país: três digitais (CDMA, TDMA, GSM) e duas analógicas (BANKS, 2001).

3.2 Evolução tecnológica

A evolução tecnológica no setor de telecomunicações no último século foi expressiva. De acordo com Hurdeman (2003), se o mesmo avanço que ocorreu nas telecomunicações fosse aplicado na indústria de automóveis, hoje um Rolls-Royce custaria menos de US\$ 2 e teria autonomia de aproximadamente 17.000km com um litro de gasolina. As tecnologias para comunicação móvel apresentaram um avanço ainda maior nos últimos 20 anos. A Figura 3.1 ilustra a evolução dessas tecnologias, onde é possível observar que uma nova tecnologia com maior capacidade de comunicação tem surgido a cada década, sendo que a tendência é que esse intervalo de tempo para o desenvolvimento de novas tecnologias reduza ainda mais.

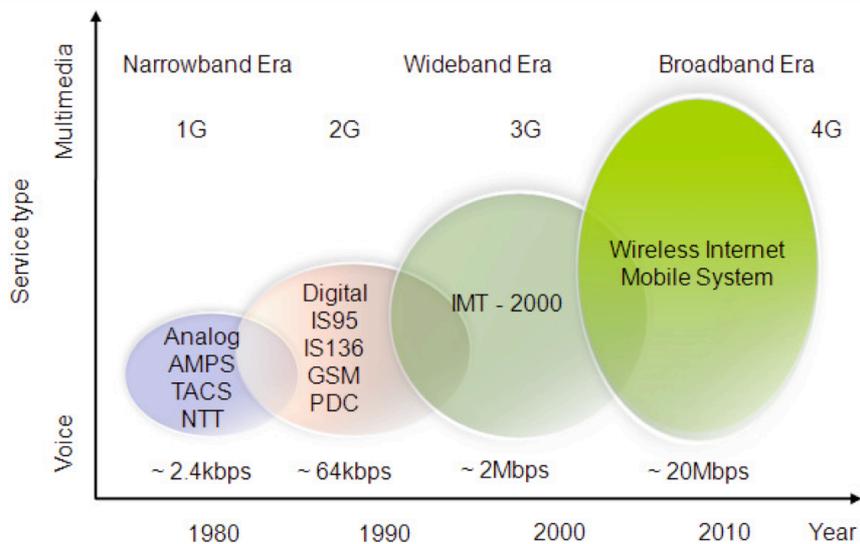


Figura 3.1: Evolução das tecnologias de comunicação móvel

Fonte: Adachi, 2007.

Com a evolução tecnológica, a tendência é que exista uma oferta ainda maior de serviços em telecomunicações e, com isso, a complexidade dos sistemas de telecomunicações tende a crescer, trazendo novos desafios para as empresas prestadoras de serviço. O futuro das redes de comunicação será radicalmente diferente do que existe hoje. A digitalização dos sinais possibilitou a universalização digital da informação, trazendo com isso uma vantagem significativa – qualquer meio, seja voz, texto ou imagem pode ser codificado como uma seqüência de bits (ITU, 2007). Dessa forma, todos os tipos de informação podem ser manipulados de forma semelhante. Esse avanço tecnológico permitiu a chamada “convergência” dos meios de comunicação, uma vez que não são necessárias redes dedicadas para o transporte de um determinado serviço de comunicação (MINICOM, 2008). Com isso, setores distintos no passado – telecomunicações e informática – aproximaram-se unindo esforços para o desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC).

Segundo OFCOM (2007) o impacto da convergência digital pode ser observado em três áreas principais: (i) conteúdo, onde produtores podem criar novos conteúdos usando múltiplos formatos, como TV e Web, além de outros meios de distribuir o conteúdo já existente; (ii) redes, possibilitando um aumento da infra-estrutura e de capacidade de uma forma mais econômica, uma vez que uma única rede pode servir para uma ampla variedade de conteúdo; e, (iii) dispositivo, possibilitando a criação de equipamentos que oferecem mais funcionalidades. Essa convergência dos canais é ilustrada na Figura 3.2.

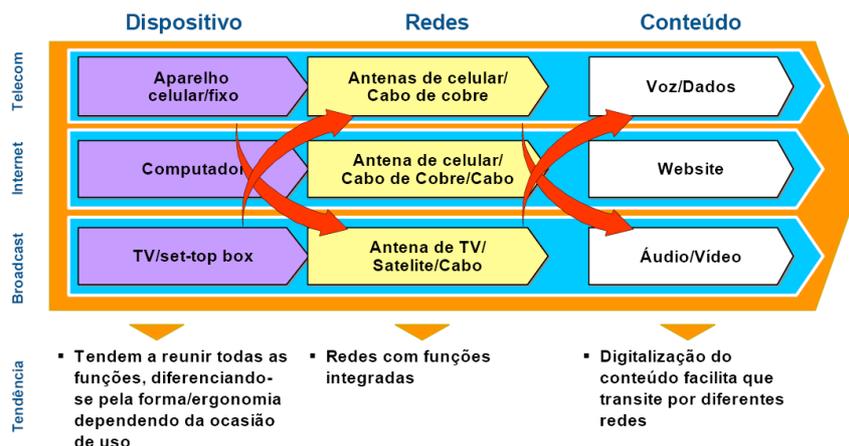


Figura 3.2: Convergência dos canais

Fonte: Avelar, 2005.

O avanço tecnológico do setor de telecomunicações permitiu o acesso a um conjunto de novos serviços completamente diferentes, mesmo daqueles serviços já oferecidos na década de 90. O acesso à internet na metade da década de 90 era limitado a conexões discadas, com uma taxa de transmissão de dados muito baixa. Nesse período, a segunda geração de telefonia móvel estava iniciando sua expansão e o serviço de mensagem de texto ainda era pouco utilizado. A situação atual, conforme pode ser observado na Figura 3.3, é muito diferente. Uma variedade de dispositivos capazes de suportar os mais diferentes tipos de meios e conteúdos está disponível, podendo conectar-se aos mais diversos tipos de rede de comunicação (OFCOM, 2007).

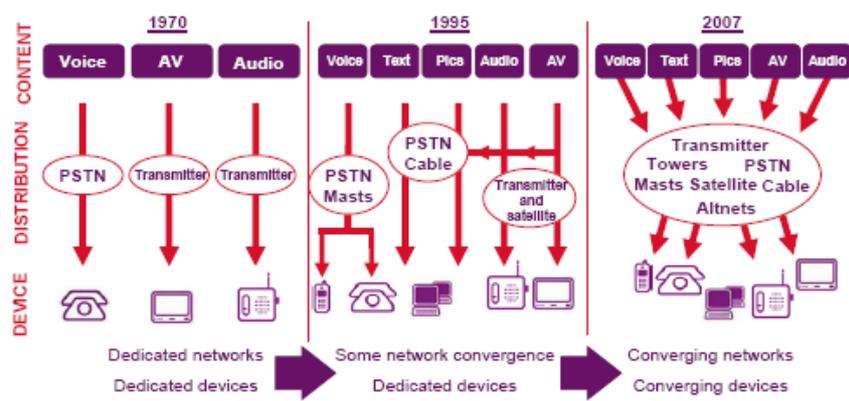


Figura 3.3: Evolução do mercado de comunicações

Fonte: OFCOM, 2007.

Apesar da evolução observada nos últimos anos, ainda existem muitas inovações tecnológicas a caminho. As tecnologias emergentes, que terão impactos e influências na evolução das telecomunicações nos próximos anos, dividem-se em oito grupos principais, sendo eles: acesso sem fio, acesso com fio, LAN/Home net/PAN, backbone, conectividade IP, plataformas de serviços, dispositivos de comunicação e segurança (FURTADO *et al.*, 2008).

3.3 Redes móveis do futuro

O início do desenvolvimento da tecnologia de comunicação 4G foi em 1998, com a promessa de aumento significativo da velocidade de transmissão. No início do desenvolvimento desta tecnologia as redes 3G ofereciam velocidade de 384 kbps (downlink) e o objetivo das redes 4G seria o de atingir, ao menos, 100Mbps (uplink) e 20Mbps (downlink), permitindo mais banda para novas aplicações tais como videophones, download de audio/ video e jogos online. Em 2006 a empresa NTT Docomo conseguiu atingir uma velocidade de transmissão de 5Gbps, ultrapassando as expectativas iniciais com a nova tecnologia (Figura 3.4).

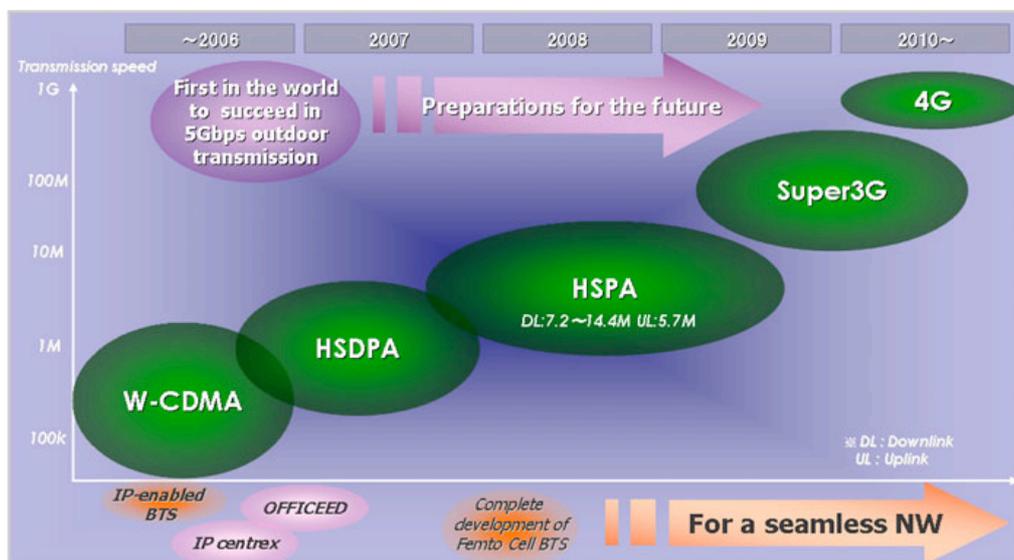


Figura 3.4: Evolução das tecnologias móveis e velocidades de transmissão

Fonte: NTT DoCoMo, 2007.

O conceito 4G vai muito além de telefonia móvel, já que não pode ser considerada uma evolução dos padrões de telefonia celular. Os grandes atrativos desta tecnologia são a convergência de uma grande variedade de serviços até então somente acessíveis na banda larga fixa, bem como a redução de custos e investimentos para a ampliação do uso de banda larga na sociedade, trazendo benefícios culturais, melhoria na qualidade de vida e acesso a serviços básicos tais como comunicação e serviços públicos antes indisponíveis ou precários à população.

As redes de quarta geração estão sendo desenvolvidas buscando oferecer serviços baseados em banda larga móvel tais como Multimedia Messaging Service (MMS), video chat, mobile TV, conteúdo HDTV, Digital Video Broadcasting (DVB), serviços básicos como voz e dados, sempre no conceito de uso em qualquer local e a qualquer momento. Todos os serviços deverão ser prestados tendo como premissas a otimização do uso de espectro, troca de pacotes em ambiente IP, grande capacidade de

usuários simultâneos, banda mínima de 100 Mbit/s para usuários móveis e 1 Gbit/s para estações fixas, interoperabilidade entre os diversos padrões de redes sem fio. Esta tecnologia de comunicação irá possibilitar a oferta de novos serviços e outras tecnologias associadas, sendo uma oportunidade para a busca de uma nova killer application.

Uma das características mais destacadas das redes 4G será o apoio para uma rede flexível. Por exemplo, os usuários podem facilmente conectar os seus dispositivos de uma rede PAN (Personal Area Network) e compartilhar o acesso a internet, além de permitir a conexão simultânea com outras redes Wi-Fi, permitindo a integração da tecnologia no ambiente do usuário. As redes 4G são vistas como uma evolução e convergência dos sistemas de comunicações móveis e da tecnologia IP, com necessidade de apoio para a heterogeneidade no acesso à rede, serviços de comunicação e dispositivos para o usuário.

Para resolver os desafios das redes da próxima geração, atualmente está em desenvolvimento um projeto denominado “Ambient Networks” que conta com o apoio da União Européia. O conceito de Ambient Networks introduz um novo tipo de redes móveis, formada por usuários e dispositivos de redes heterogêneas, utilizando diferentes tipos de tecnologias de redes. A composição das redes é feita de forma automática sem necessidade de pré-configuração, nem negociação em offline dos operadores dessas redes envolvidas, ou seja, esta composição é auto-configurável possibilitando uma rápida adaptação da topologia da rede como requisitado pelas redes móveis (NIEBERT *et al*, 2004; KAPPLER *et al*, 2005). A figura 3.5 ilustra a ideia de composição de redes em Ambient Networks.

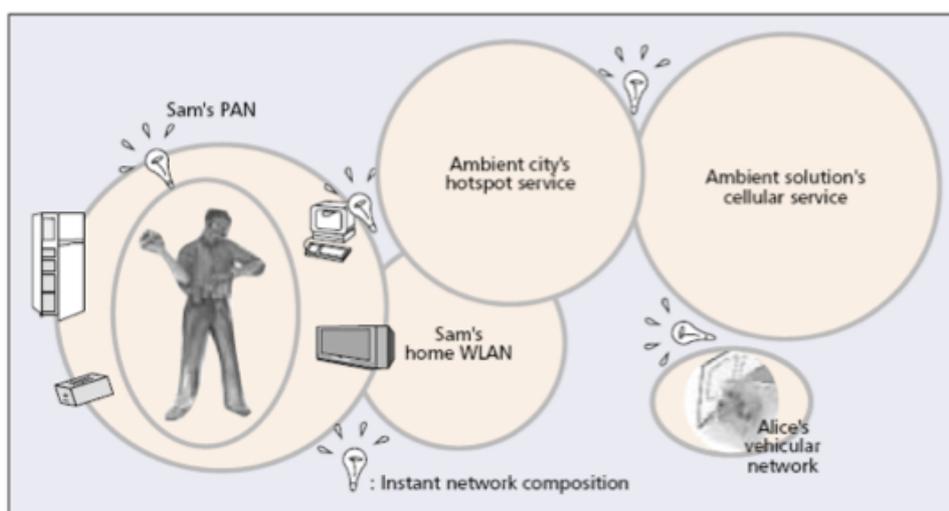


Figura 3.5: Composição de redes em Ambient Networks

Fonte: NIEBERT *et al*, 2004.

3.4 Evolução dos serviços

Além de prover significado para comunicação, acesso a informação e assistência à vida, os dispositivos de comunicação móvel irão também assumir o papel de auxiliar as pessoas no seu dia-a-dia através do seu comportamento individual, evoluindo de um “telefone capaz de realizar determinada função” para um “telefone que irá de forma ativa realizar determinada função pelo cliente”, conforme ilustrado na figura 3.6.



Figura 3.6: Suporte ao comportamento individual

Fonte: Adaptado de NTT DoCoMo, 2008.

A evolução dos serviços de comunicação móvel prevê a entrega de serviços personalizados e funções que atendem a diferentes estilos de vida e necessidades individuais dos clientes, enriquecendo suas vidas. De acordo com NTT DoCoMo (2008), um dos principais desafios nessa evolução é extrair e escolher os serviços, produtos e informações que se encaixam às necessidades de cada cliente dentro de uma grande variedade de opções. Através da figura 3.7 é possível observar os principais desafios na evolução dos serviços de comunicação móvel.

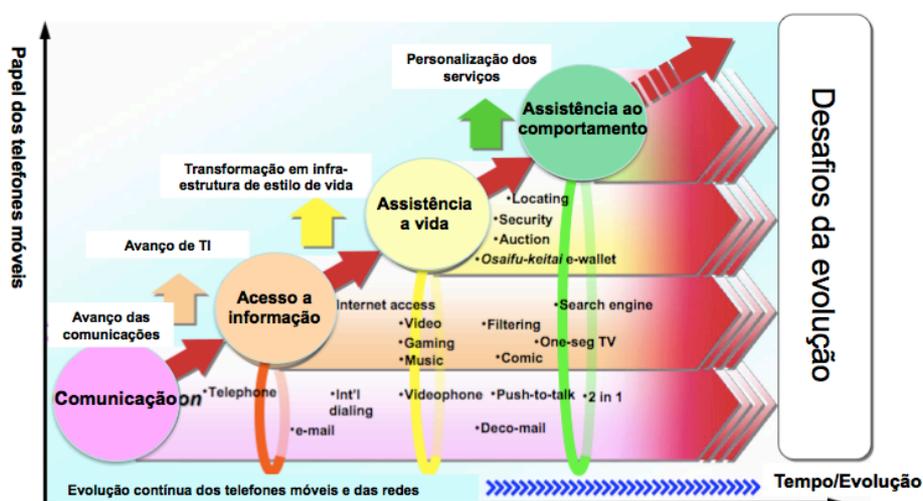


Figura 3.7: Evolução dos serviços em comunicação móvel

Fonte: Adaptado de NTT DoCoMo, 2008.

Ao conectar telefones móveis com vários dispositivos para prover serviços adaptados a utilização específica dentro de cada cenário do usuário é possível criar um “cérebro para sociedade” que pode memorizar, determinar e prever sobre uma variedade de eventos e fenômenos, expandindo o potencial de desenvolvimento humano na Sociedade da Informação. A figura 3.8 ilustra esta visão de futuro.

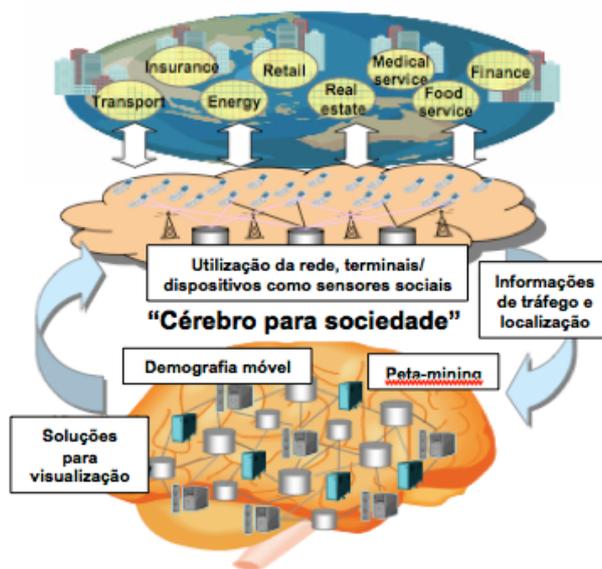


Figura 3.8: Cérebro para sociedade
Fonte: Adaptado de NTT DoCoMo, 2008.

O estudo desenvolvido por Telefónica (2010) corrobora com esta visão, prevendo que a evolução da convergência das tecnologias da informação e comunicação possibilitará criar a Internet do Futuro, formada pela internet das pessoas, internet dos serviços, internet da inteligência e a internet das coisas, conforme pode ser observado na figura 3.9. Nessa visão a rede será a fundação para a construção da sociedade digital, sendo a ponte para conectar a linha divisória que separa o mundo digital do não digital.

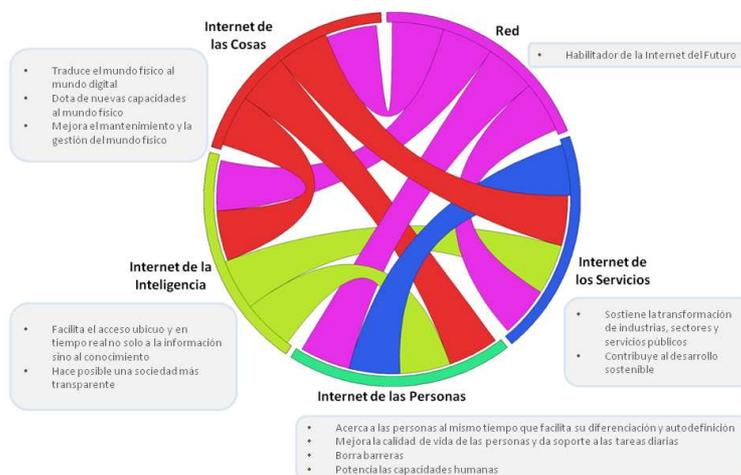


Figura 3.9: A internet do futuro
Fonte: Telefónica, 2010.

Considerando este cenário de evolução, onde qualquer coisa visível será catalogada e indexada, as aplicações e serviços da nova geração da Realidade Aumentada podem ser a interface para esta nova sociedade onde tudo estará conectado. O próximo capítulo irá abordar as tecnologias necessárias para o desenvolvimento das aplicações da 3ª geração de Realidade Aumentada.

4 TECNOLOGIAS DE SUPORTE

4.1 Internet of Things

A primeira ideia sobre o conceito de *Internet of Things* foi descrita por Gershfeld (1999), onde através de uma análise do rápido crescimento da World Wide Web o autor cita que a próxima grande onda seria quando os objetos também conseguissem acessar e se comunicar através da rede.

Contudo, o termo *Internet of Things* foi concebido e ganhou popularidade em 2000 através do trabalho desenvolvido no Auto-ID Center do MIT, que pesquisava uma infraestrutura de comunicação que permitisse a criação de uma rede entre os objetos do mundo físico, baseada inicialmente em RFID (SARMA *et al*, 2000). Em 2002 um dos co-fundadores do centro publicou um artigo intitulado *The Internet of Things* onde citava a necessidade de um padrão de comunicação para que os computadores conseguissem entender o mundo real (SCHOENBERGER, 2002).

Conforme citado por Fleisch (2010), a ideia é que virtualmente qualquer objeto físico no mundo possa ser considerado, ou se torna um computador conectado à internet. Estes objetos não estão restritos a equipamentos eletrônicos ou produtos de alto valor agregado, mas objetos simples como roupas, acessórios, embalagens e outros objetos simples utilizados no nosso cotidiano (SRI, 2008).

A *Internet of Things* é considerada pela comissão da comunidade Européia o guarda-chuva de um novo paradigma, sendo uma revolução tecnológica nos campos da computação e das comunicações e seu desenvolvimento depende de inovações em diversas áreas importantes, que vão desde sensores wireless até nanotecnologia (CEC, 2009). Não é ficção científica, mas sim baseada em sólidos avanços tecnológicos e visões de ubicuidade que tem sido realizados com muito zelo (ITU, 2005).

Segundo o estudo elaborado por SRI (2008), analistas dessa nova tecnologia normalmente descrevem duas formas de comunicação, sendo elas:

Objeto-a-pessoa - a comunicação é feita através de uma série de tecnologias e aplicações que permitem as pessoas interagirem com os objetos e vice-versa. Estes objetos, denominados *blogjects*, podem constantemente reportar informações sobre a sua condição.

Objeto-a-objeto - a comunicação é realizada entre os objetos, sem intervenção humana. Dessa forma, os objetos podem acompanhar outros objetos, notificar ou mesmo tomar ações corretivas quando necessário. A comunicação máquina-a-máquina contudo é considerada uma especialização dentro do campo maior da comunicação objeto-a-objeto, uma vez que não trata da comunicação entre objetos simples do nosso cotidiano.

Segundo ITU (2005), o desenvolvimento da *Internet of Things* vai ocorrer dentro de um novo ecossistema que envolve diversos atores, conforme pode ser observado na Figura 4.1. Estes atores têm de operar dentro de um sistema em constante evolução econômica e jurídica, onde o ser humano deve permanecer no centro da visão geral e as suas necessidades servirão de guia para inovações futuras nesta área.

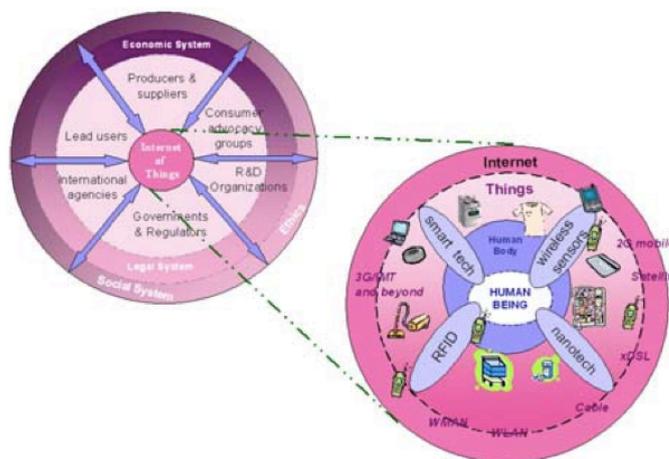


Figura 4.1: O ecossistema da *Internet of Things*
Fonte: ITU, 2005.

A *Internet of Things* vai ter um forte impacto em muitos dos processos que caracterizam a nossa vida diária, influenciando nosso comportamento e até mesmo os nossos valores. Esta nova tecnologia vai criar uma infinidade de aplicações e serviços inovadores, que vão melhorar a qualidade de vida e reduzir as desigualdades e proporcionar novas oportunidades para uma série de empresas inovadoras.

Considerando os aspectos técnicos, a *Internet of Things* depende do desenvolvimento de um conjunto de outras tecnologias para que seja possível a criação de uma ponte entre o mundo físico e o mundo virtual (MATTERN e FLOERKEMEIER, 2010). Dentre as capacidades esperadas para os objetos dentro da *Internet of Things* estão:

Comunicação e cooperação - os objetos devem ter a capacidade de se comunicar com a internet e com outros objetos, para isso tecnologias sem fio como GSM and UMTS, Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, *Near Field Communication* (NFC) e outros padrões de comunicação sem fio relacionados a *Wireless Personal Area Networks* (WPANs) são fundamentais;

Endereçamento - os objetos devem poder ser localizados e endereçados através de discovery, look-up ou service de nomes, podendo inclusive ser configurados remotamente;

Identificação - os objetos devem possuir uma identificação única que permita que informações associadas a um objeto em particular sejam facilmente acessadas através de um servidor, conforme ilustrado na Figura 4.2;

Sentidos - os objetos podem coletar informações do ambiente através de sensores, enviar estas informações ou mesmo reagir diretamente;

Atuação - objetos contêm atuadores para manipular o seu ambiente, estes atuadores podem ser utilizados para controlar remotamente processos do mundo real;

Processamento de informações - os objetos devem ser capazes de processar e interpretar informações obtidas através dos sensores;

Localização - os objetos devem ser capazes de reconhecer a localização em que se encontram, seja através de GPS, rede de telefonia móvel ou outras tecnologias que permitam a identificação da localização exata, ou ao menos, a proximidade;

Interface - objetos devem permitir uma comunicação simplificada e intuitiva, direta ou indiretamente, como por exemplo através de um smarphone.

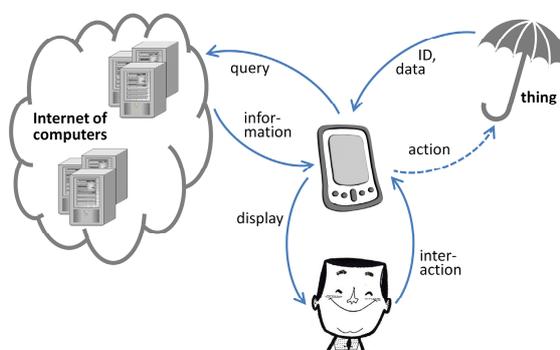


Figure 4.2 - O smartphone como um mediador entre a pessoa, objetos e a internet
Fonte: Mattern e Floerkemeier, 2010.

A evolução tecnológica prevista para esta tecnologia, segundo o estudo prospectivo elaborado por SRI (2008), identifica quatro marcos principais desta evolução, sendo eles: (i) auxílio a cadeia de suprimentos, através da utilização de etiquetas RFID para identificação de mercadorias; (ii) aplicações em mercados verticais, como empresas de segurança, saúde e transporte; (iii) posicionamento ubíquo, permitindo a localização de pessoas e objetos; e, (iv) world web física, onde agentes de software e sensores permitirão o controle e monitoramento a distância de qualquer objeto. Esta evolução indicando a linha de tempo e características de cada fase pode ser observada na figura 4.3.

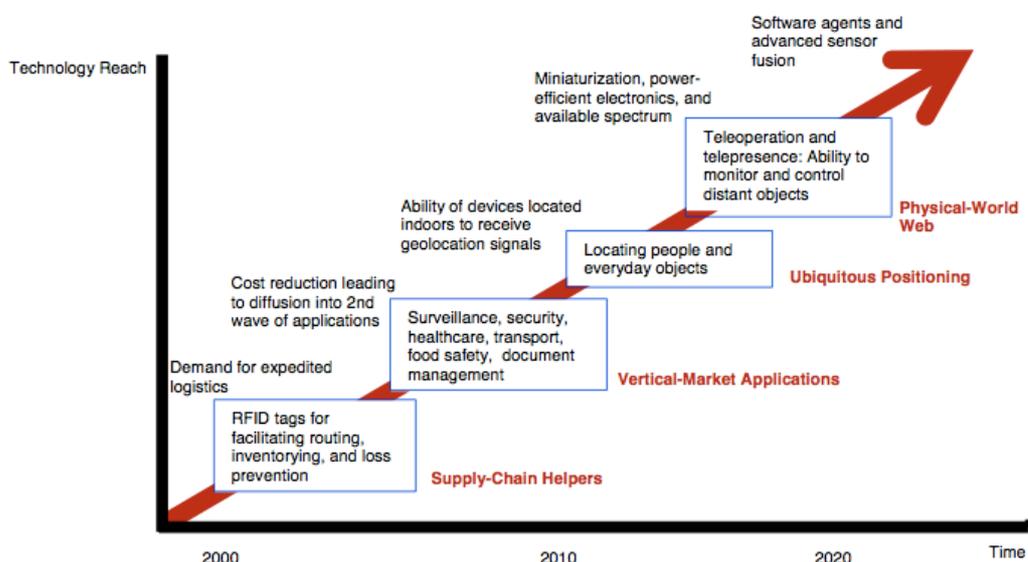


Figura 4.3: Roadmap tecnológico - *Internet of Things*

Fonte: SRI, 2008.

Apesar dos grandes desafios técnicos para evolução desta tecnologia como interoperabilidade, complexidade de software, tolerância a falhas e comunicação sem fio, os desafios para adoção desta tecnologia envolvem ainda aspectos sociais, econômicos, legais e regulatórios, sendo que a proteção a privacidade é o maior deles. Ao considerar que objetos simples de uso diário virão equipados com a capacidade de comunicação e computação, conceitos relacionados a requisição e autorização de acesso a dados necessitam ser revistos (ITU, 2005).

A *Internet of Things* torna verdadeira computação onipresente - um conceito inicialmente apresentado por Mark Weiser no início de 1990, sendo um dos desafios a interface destes objetos com o usuário (WEISER, 1991).

4.2 Computação móvel, pervasiva e ubíqua

O conceito de computação ubíqua foi introduzido em um artigo publicado em 1991 por Mark Weiser, onde o autor cita: “As tecnologias mais profundas e duradouras são aquelas que desaparecem. Elas dissipam-se nas coisas do dia-dia até se tornarem indistinguíveis” (WEISER, 1991).

Segundo Araujo (2003), apesar dos termos computação pervasiva, computação ubíqua e computação móvel serem utilizados como sinônimo por muitas pessoas, são conceitualmente diferentes. Neste trabalho, serão adotados os conceitos descritos por Araujo:

Computação móvel baseia-se no aumento da nossa capacidade de mover fisicamente serviços computacionais conosco, ou seja, o computador torna-se um dispositivo sempre presente que expande a capacidade de um usuário utilizar os serviços que um computador oferece, independentemente de sua localização. Combinada com a capacidade de acesso, a computação móvel tem transformado a computação numa atividade que pode ser carregada para qualquer lugar. (...)

O conceito de computação pervasiva implica que o computador está embarcado no ambiente de forma invisível para o usuário. Nesta concepção, o computador tem a capacidade de obter informação do ambiente no qual ele está embarcado e utilizá-la para dinamicamente construir modelos computacionais, ou seja, controlar, configurar e ajustar a aplicação para melhor atender as necessidades do dispositivo ou usuário. O ambiente também pode e deve ser capaz de detectar outros dispositivos que venham a fazer parte dele. Desta interação surge a capacidade de computadores agirem de forma “inteligente” no ambiente no qual nos movemos, um ambiente povoado por sensores e serviços computacionais.

A computação ubíqua beneficia-se dos avanços da computação móvel e da computação pervasiva. A computação ubíqua surge então da necessidade de se integrar mobilidade com a funcionalidade da computação pervasiva, ou seja, qualquer dispositivo computacional, enquanto em movimento conosco, pode construir, dinamicamente, modelos computacionais dos ambientes nos quais nos movemos e configurar seus serviços dependendo da necessidade.

Ainda, segundo Weiser (1991), a computação ubíqua é um paradigma de interação usuário-computador em que a tecnologia é integrada de forma transparente a ambientes físicos para auxiliar pessoas na realização de suas tarefas diárias de forma contínua e onipresente. A ideia é que a computação move-se para fora das estações de trabalho e computadores pessoais e torna-se pervasiva em nossa vida cotidiana. Assim, é possível imaginar diversas aplicações utilizando essa tecnologia como controle de veículos, luzes, temperatura e umidade, dentre inúmeras outras limitadas apenas pela imaginação dos engenheiros e inventores.

Considerando estes conceitos, a computação ubíqua é uma junção da computação pervasiva e da computação móvel. Assim, este termo é usado considerando-se o alto grau de dispositivos embarcados da computação pervasiva juntamente com o alto grau de mobilidade da computação móvel, conforme mostra a Figura 4.4.

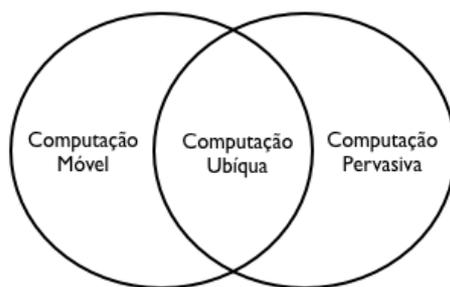


Figura 4.4: Relação entre computação Móvel, Pervasiva e Ubíqua

Fonte: Adaptado de Araujo, 2003.

Uma das primeiras demonstrações de como a computação ubíqua pode ajudar os usuários em suas tarefas diárias foi realizada nos laboratórios da Xerox PARC em 1992 através do projeto PARCTab, que localizava um usuário dentro de um edifício e fornecia informações específicas da localização em que o usuário estava (SCHILIT *et al*, 1993). Outros exemplos de projetos utilizando o conceito de computação ubíqua são:

CampusAware - sistema de turismo que utiliza informações de localização para fornecer serviços aos usuários. O sistema permite que o usuário faça anotações em seus dispositivos sobre os locais que estão visitando, fornecendo também informações de como encontrar determinados locais de interesse e a posição atual do usuário (BURRELL *et al*, 2002).

Rememberer - o objetivo deste projeto é capturar experiências pessoais e estimular discussões ou outras formas de interação pessoal através de dispositivos portáteis sem fio (FLECK *et al*, 2002).

EasyLiving - é um projeto que se preocupa com o desenvolvimento de arquiteturas e tecnologias para ambientes inteligentes, focando particularmente em uma sala de estar residencial. O ambiente contém um computador, telas eletrônicas (incluindo uma tela grande), caixas de som, sofás e mesa de café, entre outros itens. Os serviços são fornecidos para melhorar o ambiente, como por exemplo, automatizar o controle de luz, tocar música baseado na localização (dependendo da preferência do usuário), e ainda transferir automaticamente o conteúdo de uma tela para outra (BRUMITT *et al*, 2000).

Adaptive House - o projeto tem como objetivo desenvolver uma casa que se programe observando o estilo de vida e desejos dos habitantes e aprendendo a se antecipar às suas necessidades. O sistema foi desenvolvido basicamente para controlar o aquecedor, ventilador, ar condicionado, iluminação e água (MOZER, 1998).

De acordo com estudos e previsões feitas por Kurzweil (2005) em poucos anos microprocessadores se tornarão pequenos e baratos o suficiente para serem embutidos em quase tudo - não somente em dispositivos de alto valor agregado como carros, eletroeletrônicos, brinquedos e ferramentas, mas também em objetos simples como canetas, roupas e embalagens.

Estes objetos inteligentes estarão conectados e acessíveis, permitindo uma interação direta com tudo o que está em nosso ambiente, acoplando o mundo físico ao mundo da informação. A formação deste ambiente inteligente é denominada por Greenfield (2006) de *Everyware*, onde o processamento da informação está dissolvido no ambiente e nos objetos do nosso cotidiano. Como exemplo dessas aplicações, na escala do corpo, redes de sensores irão permitir o monitoramento das funções orgânicas, oferecendo informações em tempo real sobre a situação do organismo, até mesmo comparando com outras informações disponíveis na web; na escala de uma sala, carpetes, paredes e demais objetos inteligentes permitirão uma configuração automática do ambiente, de acordo com o perfil do usuário que está nele, modificando cores, temperatura, som, etc.

Neste cenário, a sociedade será permeada por uma grande rede de comunicação ubíqua, onde a informação poderá ser acessada de qualquer lugar, a qualquer hora, por qualquer pessoa ou objeto, permitindo a comunicação e interação de diferentes formas: pessoa-a-pessoa, pessoa-a-objeto ou objeto-a-objeto (ITU,2006). A figura 4.5 ilustra a interação de objetos e usuários no o ambiente da sociedade ubíqua .

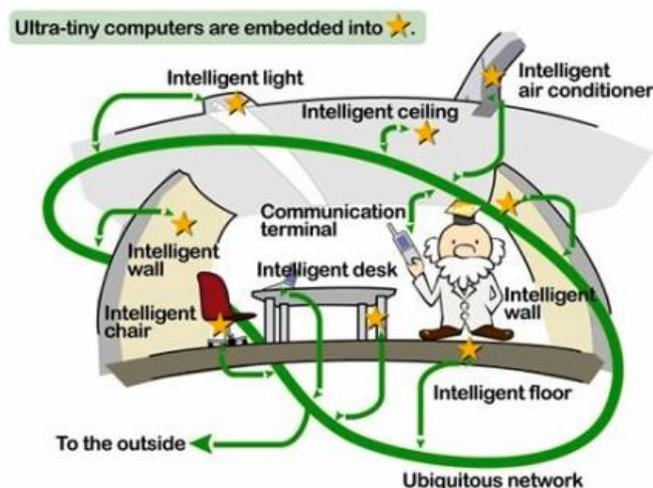


Figura 4.5: Sociedade ubíqua

Fonte: ITU, 2006.

A computação ubíqua originou um novo paradigma de interação, mais natural e que substitui a metáfora do desktop do computador pessoal. O desafio é tornar a interação do usuário com a tecnologia, a mais próxima possível da sua interação com o mundo real. Esta ocorre, principalmente, por meio de gestos, expressões, movimentos e descoberta do mundo pela observação e manipulação de objetos físicos.

4.3 Computação sensível ao contexto

A computação sensível ao contexto refere-se à ideia de que os computadores podem perceber e reagir ao ambiente em que estão inseridos para auxiliar as pessoas na realização de alguma atividade. Os dispositivos, ao obterem informações sobre as

circunstâncias em que se encontram e, baseados em regras ou estímulos inteligentes, reagiriam de acordo (SCHILIT *et al*, 1994). Dey (2001) define contexto como qualquer informação relevante que possa ser utilizada para caracterizar entidades de uma interação usuário-computador, por exemplo, identidade e localização.

A ciência de contexto possibilita a construção de sistemas de computação ubíqua no desenho de interfaces inovadoras com o usuário. Um exemplo que ilustra estas possibilidades seria: um telefone celular ciente de contexto pode concluir que o usuário está ocupado, ao perceber que o usuário está sentado numa sala de reunião, e rejeitar automaticamente as ligações recebidas de baixa prioridade (SCHMIDT *et al*, 1999).

O termo contexto considera três dimensões, conforme pode ser observado na Figura 4.6. Estas dimensões coletam informações sobre o próprio dispositivo ubíquo, como o estado da bateria; informações sobre o ambiente, como outros dispositivos presentes; além de informações sobre as atividades que o usuário está desempenhando, como saber se ele está correndo, andando ou sentado.

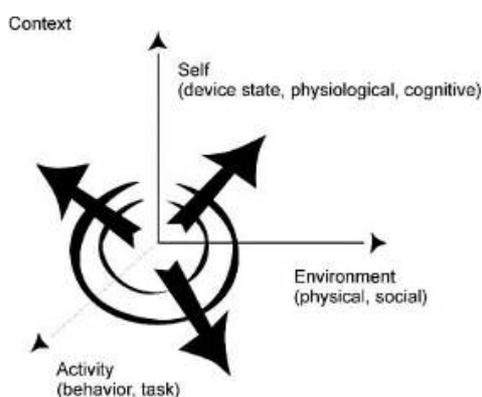


Figura 4.6: Modelo de contexto em 3D
Fonte: SCHMIDT *et al*, 1999.

Os aspectos relacionados à obtenção das informações contextuais são descritos com base em seis dimensões, conhecidas como 5W+1H: *Who* (quem), *Where* (onde), *What* (o quê), *When* (quando), *Why* (porquê) e *How* (como) (MORSE *et al.*, 2000; TRUONG *et al.*, 2001). O significado destas dimensões estão descritos abaixo:

Who (quem): os sistemas tradicionais concentram a sua interação em um usuário em particular, raramente incorporando informação referente a outras pessoas também presentes no ambiente. Contudo, as pessoas associam atividades ou recordam eventos passados, baseados na presença de outras pessoas. Dessa forma, é importante fornecer informações não apenas do usuário, mas também de todas as pessoas que irão interagir com ele;

Where (onde): a ideia de localização é a mais utilizada por aplicações dependentes de contexto. Esta dimensão é muito utilizada em associação com a dimensão de identidade (quem) e a de temporalidade (quando), no intuito de fornecer novas

funcionalidades às aplicações. Exemplos de sistemas que exploram esta dimensão são os guias turísticos, que têm a capacidade de obter informações relativas ao usuário e à sua localização;

When (quando): a maioria das aplicações dependentes de contexto não consideram a passagem do tempo. Essa informação temporal deve ser compreendida de forma a ajudar na interpretação das atividades humanas. Por exemplo, numa casa, uma pessoa poderia ser notificada quando alterasse uma atividade matinal típica;

What (o quê): dimensão responsável por identificar a atividade do usuário, ou seja, o que o usuário está fazendo. Assim, os dispositivos de contexto devem saber interpretar as atividades humanas para fornecer informações relevantes;

Why (por quê): mais complexo do que inferir informação acerca da atividade do usuário é descobrir o porquê da sua atividade. Obter informações capazes de mostrar ou explicar o motivo de uma atividade do usuário provavelmente seja o maior desafio da computação dependente de contexto. Devido a essa complexidade, de modo a obter informações desta dimensão, podem ser utilizadas as quatro dimensões anteriores, devidamente combinadas;

How (como): define a maneira como os elementos serão capturados. Por exemplo, dispositivos como GPS são utilizados para realizar a aquisição do contexto de localização.

Segundo Dey (2000), a definição de aplicações ciente de contexto divide-se em duas categorias: as que usam informações de contexto e as que se adaptam a informações de contexto. Além disso, Schilit e Theimer (1994) definiram aplicações cientes de contexto como softwares que se adaptam de acordo com a sua localização de uso, grupo de pessoas ou objetos próximos e as mudanças ocorridas com esses objetos com o passar do tempo.

4.4 Web semântica e metaweb

Segundo Berners-Lee (2001): “A Web Semântica não é uma *Web* separada, mas uma extensão da atual, na qual a informação é utilizada com significado bem definido, aumentando a capacidade dos computadores para trabalharem em cooperação com as pessoas”. A Web Semântica proporcionará uma estrutura que viabilize a compreensão e gerenciamento dos conteúdos armazenados na *Web*, independentemente da maneira de apresentação dos mesmos, podendo ser som, texto, imagens, animações (HENDLER, 2002; BIZZARO, 2006; FERREIRA, 2006).

A Web Semântica representa a evolução da Web atual. Enquanto a Web tradicional foi desenvolvida para ser compreendida somente pelos usuários, a Web Semântica está sendo projetada para ser entendida também pelas máquinas. Este entendimento se dá na

forma de agentes computacionais, que são capazes de operar eficientemente sobre as informações, podendo entender seus significados, auxiliando os usuários em operações na web (DZIEKANIAK, 2004).

Para os computadores entenderem o conteúdo da web é necessário que eles consigam ler dados estruturados e tenham acesso a conjuntos de regras que o ajudem a conduzir seus raciocínios. As páginas web terão de ser escritas numa linguagem nova e serem entendidas por diferentes sistemas. Dziekaniak (2004) cita que algumas tecnologias foram desenvolvidas para a Web Semântica, tais como o XML (Extensible Markup Language), linguagem de marcação que permite aos usuários criarem tags personalizadas sobre o documento criado, diferentemente do HTML, que possui estrutura de tags fixas, impedindo a criação de novos tipos de descritores. Outra tecnologia utilizada pela Web Semântica é o RDF (Resource Description Framework), que trabalha com um trio de informação que expressa o significado das informações. Cada componente do trio tem sua própria finalidade, em analogia ao sujeito, verbo e objeto de uma frase e recebe uma identificação.

Uma palavra pode assumir vários significados na linguagem humana, o que pode causar confusão nos sistemas. A solução é usar URI (Uniform Resource Identifier) diferentes para cada conceito. Quando dois bancos de dados usarem URIs diferentes para um conceito é necessário que o software que vai vasculhá-los saiba quando está tratando do mesmo conceito. Neste caso são usadas as ontologias, que fornecerão o vocabulário necessário para a comunicação entre os agentes e as páginas e mostrarão as relações entre os conceitos. Uma ontologia define termos que são nomes de entidades num determinado contexto, associados a textos que descrevem o que os mesmos significam e axiomas formais que restringem a interpretação e o uso dos termos (DZIEKANIAK e KIRINUS, 2004).

A ontologia designa a semântica da representação dos seres, dos entes, aquilo que se convencionou chamar de assuntos, conteúdos temáticos dos registros sobre a realidade. A ontologia seria então, como uma especificação de um conceito. Na web semântica a ontologia estabelece uma ligação terminológica entre membros de uma comunidade podendo ser estes membros, agentes humanos ou máquinas. Em inteligência artificial, uma ontologia é um documento ou arquivo que define formalmente a relação entre termos (OLIVEIRA, 2002).

Um dos objetivos das iniciativas relacionadas a Web Semântica, é desenvolver linguagens que sejam adequadas para representar a informação semântica na web. O último padrão proposto pelo *Web Ontology Working Group* é a *Web Ontology Language (OWL)*. Esta linguagem possibilita extensões ao XML, customizando tags e RDFs para representação de dados (MCGUINNESS e HARMELEN, 2003).

O desenvolvimento de sistemas sensíveis ao contexto depende da capacidade dos computadores entenderem sua condição no local em que se encontram. Para isso, a informação contextual deve ser apresentada de uma maneira que permita o processamento e a interpretação por sistemas computacionais. De acordo com Chen *et*

al (2003) as linguagens utilizadas na web semântica são adequadas para este propósito pelas seguintes razões:

Ontologias expressas na linguagem da web semântica fornecem um meio para o desenvolvimento de sistemas sensíveis ao contexto onde o conhecimento do contexto pode ser compartilhado entre as partes, minimizando os custos e redundância em monitoramento.

RDF e OWL são linguagens de representação do conhecimento com o poder expressivo, sendo adequadas para vários tipos de modelagem de informações contextuais, como por exemplo, informações relacionadas a pessoas, eventos, equipamentos, locais, tempo e espaço.

Ontologias de contexto possuem representações explícitas de semântica, que podem ser resolvidas pelos motores de inferência lógica disponíveis. Sistemas com a capacidade de raciocinar sobre o contexto podem detectar e resolver inconsistências que resultam muitas vezes de detecção imperfeita.

A web semântica pode ser usada como meta-linguagens para definir outras linguagens para fins específicos, tais como linguagens de comunicação para o compartilhamento de conhecimento e políticas de linguagens para privacidade e segurança (KAGAL *et al*, 2003). Uma grande vantagem desta abordagem é a interoperabilidade, uma vez que ferramentas para linguagens que compartilham de uma raiz comum das construções podem interoperar melhor que as ferramentas de linguagem que têm raízes de diversas construções.

A figura 4.7 ilustra uma proposta arquitetura de agente intermediário para informação contextual em ambientes inteligentes, utilizando as linguagens da web semântica. Segundo Chen *et al* (2003) a proposta tem como objetivo: (i) fornecer um modelo centralizado de contexto, com informações que podem ser compartilhadas por todos os dispositivos, serviços e agentes no espaço; (ii) obtenção de informações contextuais a partir de fontes que não são acessíveis por dispositivos com recursos limitados; (iii) fornecer informações contextuais que não podem ser adquiridos diretamente dos sensores; (iv) detectar e resolver conhecimento inconsistente que é armazenado no modelo compartilhado de contexto; e, (v) proteger a privacidade do usuário pela imposição de políticas que os usuários tenham definido para controlar o compartilhamento e utilização do seu contexto de informação.

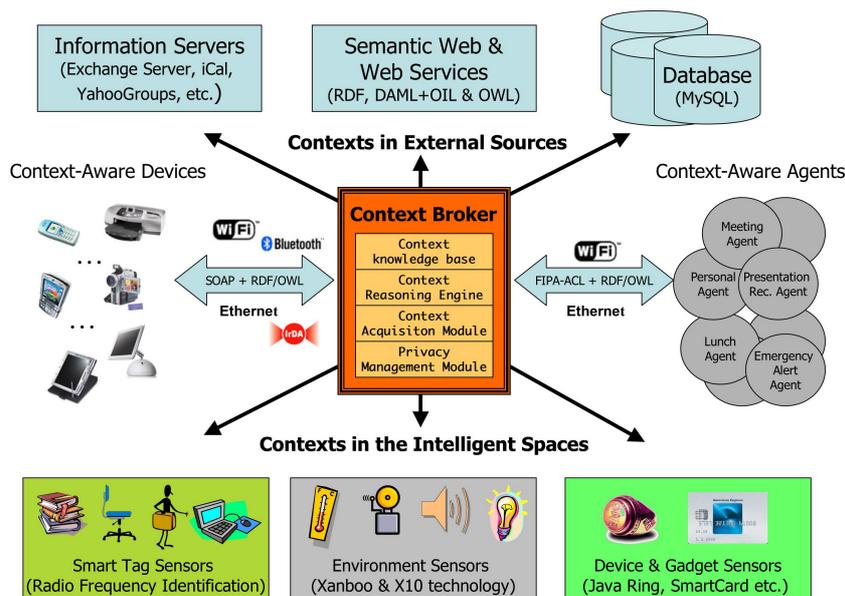


Figura 4.7: Broker para informação contextual

Fonte: Chen al, 2003.

Segundo Spivack (2004), a web possibilita conectar informações, as redes sociais possibilitam conectar pessoas e a web semântica permite conectar o conhecimento. Conforme pode ser observado na Figura 4.8, uma evolução disso seria a Metaweb, que possibilitaria não apenas conectar a informação e o conhecimento sobre a informação (metadados) como também relacionar informações sobre as pessoas através dos dados disponíveis em redes sociais.

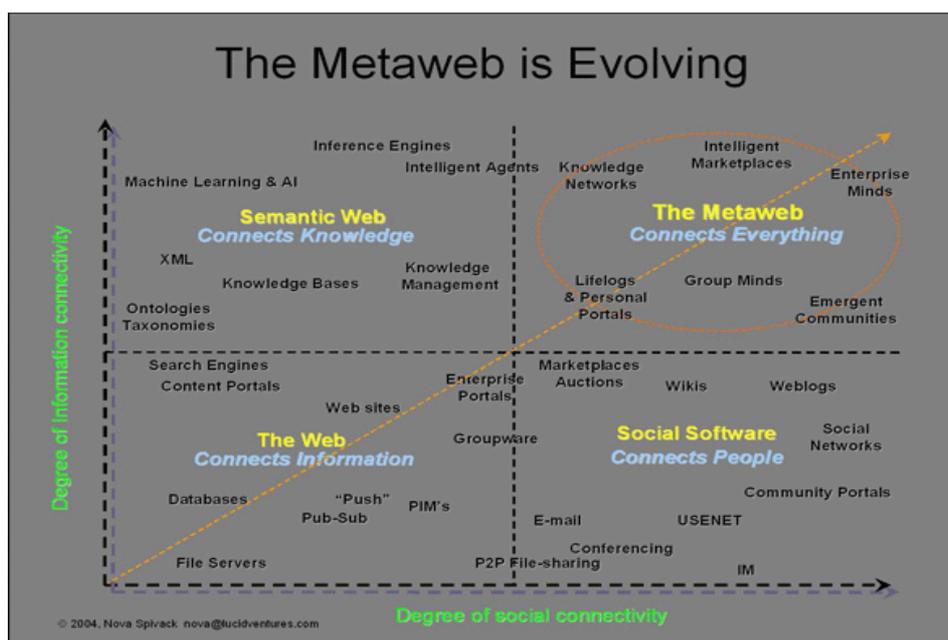


Figura 4.8: Metaweb

Fonte: Spivack, 2004.

Em 2009 uma empresa chamada Metaweb patenteou uma tecnologia denominada “Knowledge Web” que permite conectar toda a informação aparentemente dispersa e sem conexão da web. A invenção busca resolver o problema de manipular gigantescas bases de dados para fins diversos de usuários ou mesmo outros processos automatizados, oferecendo a informação adequada para cada usuário. A chave da tecnologia está no elemento denominado “entidade” que relaciona as mais diversas informações disponíveis na web com objetos, ou seja, uma entidade denominada por exemplo “UFRGS” pode ter inúmeras imagens associadas, vídeo, áudio, páginas web e documentos de diversas fontes de dados. O diagrama de funcionamento do sistema pode ser observado na Figura 4.9.

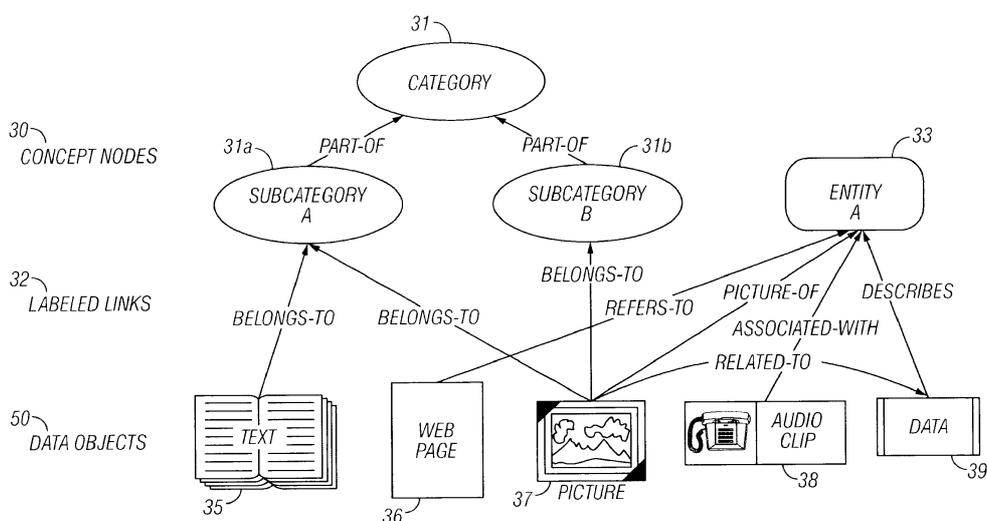


Figura 4.9: Diagrama da patente da Metaweb
Fonte: Hillis e Ferren, 2009.

Esta empresa foi adquirida pelo Google em Julho de 2010. O interesse nesta tecnologia está relacionado a capacidade de relacionar informações e associa-las a entidades únicas no mundo real. A empresa também contava com um banco de dados livre sobre 12 milhões de objetos, usado inclusive pela Microsoft (IDG, 2010).

O interesse neste tipo de tecnologia tem motivado diversas aquisições por grandes companhias do mercado. A Apple adquiriu em Abril deste ano a Siri, desenvolvedora do assistente móvel de mesmo nome que utiliza tecnologia baseada em web semântica para atender a solicitações dos usuários (WIRED, 2010). A tecnologia permite através do reconhecimento de voz, que o usuário solicite por exemplo qual é o melhor restaurante de sushi nesta região de acordo com a opinião de determinada pessoa. Esta tecnologia surgiu de um projeto denominado CALO (Cognitive Assistant that Learns and Organizes), financiado pela SRI International e DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) (SRI, 2010).

4.5 Wearable Computing

Um dos primeiros protótipos de computador vestível para ser usado em calçados foi criado por Thorp e Shannon em 1961, sendo posteriormente desenvolvidos por um grupo denominado “Euadaemons” e comercializados por Keith Taft em 1983 (RANDELL, 2005).

Contudo, o conceito de computação vestível surgiu em meados de 1990, quando carregar um computador móvel com interfaces de controle tornou-se uma possibilidade prática. Segundo DARPA (1996) a definição de Wearable Computing é “dispositivos de obtenção e disseminação de dados que possibilita o usuário a trabalhar de maneira mais eficiente. Estes dispositivos são carregados ou vestidos pelos usuários durante a execução normal de suas tarefas”.

Um dos primeiros defensores e adeptos desta forma de uso do computador foi o pesquisador Steve Mann, que apresentou as três propriedades fundamentais da computação vestível, sendo elas: (i) o computador vestível é vestido pelo usuário e não carregado, de tal forma que possa ser considerado como parte do usuário; (ii) é controlado pelo usuário, não envolvendo necessariamente o pensamento consciente ou esforço; e, (iii) opera em tempo real, está sempre ativo e pode interagir com o usuário a qualquer momento (MANN, 1997).

Segundo Randell (2005) os computadores vestíveis despertaram interesse no setores industrial, militar e acadêmico com projetos financiados pela Boeing, DARPA e MIT Medial Lab respectivamente.

Ainda, dentro do campo da computação vestível, existe o termo *Human sensing* que refere-se ao uso de sensores para captar sinais de comportamento humano, incluindo expressões faciais, gestos corporais, vocalizações não linguísticas, e entonações vocais (PANTIC *et al*, 2007). De acordo com Olgúin e Pentland (2009) existem diversas pesquisas sendo efetuadas no âmbito de detecção de sinais através de sensores de vestir. Segundo eles, o objetivo final dos sensores humanos é poder automaticamente interpretar sinais de comportamento para entender e descrever os comportamentos observados, caracterizando a situação em que comportamentos específicos são exibidos - quem, onde, o quê, como, quando e porquê.

No âmbito comercial já existem diversos dispositivos que permitem a leitura de dados do corpo. A Nike investiu em um sistema que permite o usuário monitorar suas corridas, acompanhar a evolução do desempenho e compartilhar com os seus amigos (Figura 4.10).



Figura 4.10: Dispositivo Nike Plus
Fonte: Nike, 2004.

Outra empresa é a Zephyr que desenvolveu um dispositivo denominado BioHarness que permite o monitoramento remoto da frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura corporal e a postura do usuário (Figura 4.11).



Figura 4.11: Dispositivo BioHarness
Fonte: Zephyr, 2010.

A BodyMedia desenvolveu um sistema de controle de peso que utiliza quatro sensores para rastrear mais de 9.000 variáveis, acompanhando automaticamente as calorias queimadas durante as atividades diárias, além de monitorar a qualidade do sono (Figura 4.12). Os dados coletados pelo dispositivo podem ser enviados remotamente através de redes sem fio.



Figura 4.12: Dispositivo BodyMedia FIT
Fonte: BodyMedia, 2010.

A empresa Nuubo desenvolveu uma camisa que permite o monitoramento da frequência cardíaca (Figura 4.13). A camisa possui um sistema que detecta sinais do coração durante o esforço físico, o sinal é transmitido em tempo real e pode ser captado por um telefone celular ou por um computador, os dados coletados permitem um eletrocardiograma completo e ainda medem com precisão o esforço realizado pelo usuário, especificando os quilômetros percorridos por ele e sua velocidade.



Figura 4.13: Camisa textrônica Nuubo
Fonte: Nuubo, 2010.

O óculos desenvolvido pela empresa Vuzix permite a captura de imagens do mundo exterior através de duas câmeras que podem misturar imagens virtuais com as imagens reais captadas e apresentar para o usuário (Figura 4.14). O óculos conta ainda com um rastreador de movimentos que permite monitorar o ângulo de visão e o movimento do usuário, além de um sistema de áudio estéreo com isolamento acústico.



Figura 4.14: Óculos Vuzix 920AR Wrap
Fonte: Vuzix, 2010.

Outro exemplo de dispositivo computacional vestível é o XWave, lançado em Setembro de 2010, que permite captar os impulsos elétricos provenientes do cérebro e converter em comandos de programas especiais, podendo movimentar objetos em um jogo ou mesmo alterar a iluminação de um determinado ambiente de acordo com o humor do usuário. Atualmente o dispositivo funciona para aplicações em iPhone e iPad (Figura 4.15).



Figura 4.15: Dispositivo XWave
Fonte: PLX, 2010.

Além das aplicações comerciais já disponíveis no mercado, existem diversos protótipos em estudo nos laboratórios de universidades e centros de pesquisas. Um destes protótipos é o Sixthsense desenvolvido por Pranav Mistry do MIT. Este dispositivo é uma interface vestível gestual e consiste de uma câmera e um projetor acoplado em um pingente com o dispositivo de comunicação móvel, conforme pode ser observado na Figura 4.16. O sistema projeta a informação em superfícies, paredes e objetos físicos enquanto a câmera reconhece e rastreia os gestos da mão do usuário e os objetos físicos, permitindo a interação com as informações projetadas (MISTRY, 2010). O desenvolvimento deste protótipo é aberto, permitindo a construção de sistemas semelhantes sem o pagamento de royalties.

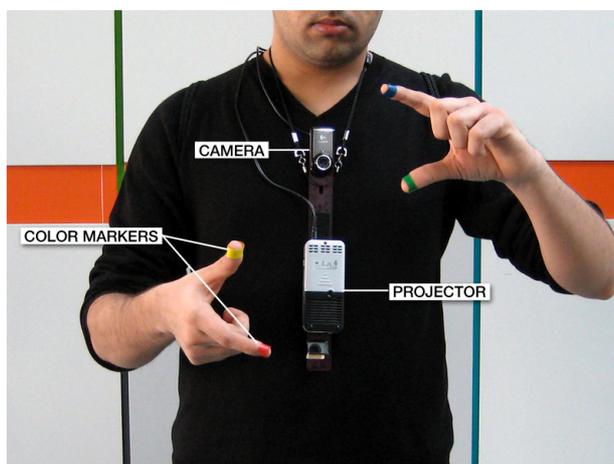


Figura 4.16: Sixthsense
Fonte: Mistry, 2010.

Outro projeto de computação vestível desenvolvido pelo MIT é uma luva colorida que captura a configuração 3D da mão e dos dedos do usuário, permitindo saber como os seus dedos se movimentam, gerando modelos 3D do usuário na tela do computador (Figura 4.17). Em aplicações de Realidade Aumentada este dispositivo permitiria uma interação muito mais próxima da realidade uma vez que os demais protótipos em desenvolvimento buscam explorar apenas modelos em 2D.



Figura 4.17: Real-Time Hand-Tracking
Fonte: Wang, 2010.

Um dos projetos mais avançados no campo da computação vestível é do grupo coordenado pelo pesquisador Babak Parviz da Universidade de Washington. Este grupo está trabalhando no desenvolvimento de uma lente de contato que permitirá a projeção de imagens diretamente na retina do usuário. Além da projeção de imagens, esta lente conta com um conjunto de biossensores que permitem monitorar continuamente o ambiente bioquímico da superfície do olho podendo assim acompanhar o estado de saúde da pessoa. Conforme pode ser observado na Figura 4.18 a lente de contato é um microsistema multifuncional que exige a integração de uma série de funções e componentes, incluindo fonte de energia solar, transmissor de dados sem fio, sistema para exibição de imagens e biossensores, integrados em um plástico flexível transparente e fino (PARVIZ e LINGLEY, 2010).

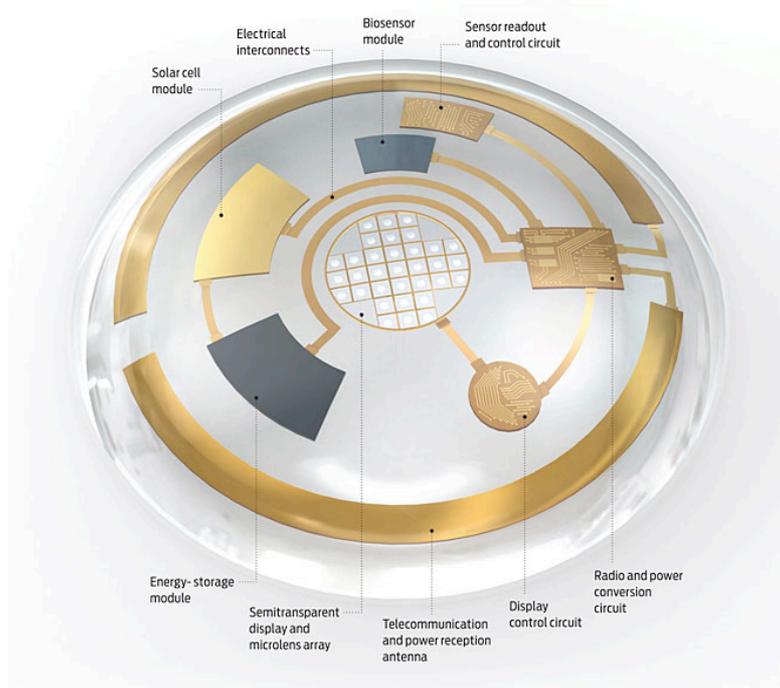


Figura 4.18: Conceito de lente de contato
Fonte: Parviz. e Lingley, 2010.

Conforme pode ser observado o campo de aplicação Wearable Computing é imenso, desde sensores simples que indicam o número de passos percorridos por uma pessoa até sensores que identificam o comportamento através de gestos corporais e vocalizações não linguísticas. Estas tecnologias serão fundamentais para o desenvolvimento das aplicações futuras de Realidade Aumentada, uma vez que serão a interface entre o usuário e o mundo exterior.

5 MODELO DE ARQUITETURA

O desenvolvimento de aplicações e serviços que permitam explorar todo o potencial da nova geração de Realidade Aumentada depende de uma série de tecnologias, conforme observado anteriormente. Dessa forma, considerando as principais tecnologias que darão suporte a nova geração de serviços e aplicações de Realidade Aumentada foi possível elaborar um modelo de arquitetura que relaciona as diferentes tecnologias envolvidas na construção deste tipo de aplicações.

Segundo Rice (2009), aplicações de Realidade Aumentada devem considerar quem é o usuário, onde ele se encontra, o que está próximo dele, quem está próximo e o que ele está fazendo. Assim, considerando estes aspectos, o modelo de arquitetura proposto foi dividido em 7 módulos - Localização, Ambiente, Perfil, Estado, Agregação, Personalização e Interação. O modelo de arquitetura proposto e as interações entre os diferentes módulos pode ser observado na Figura 5.1.

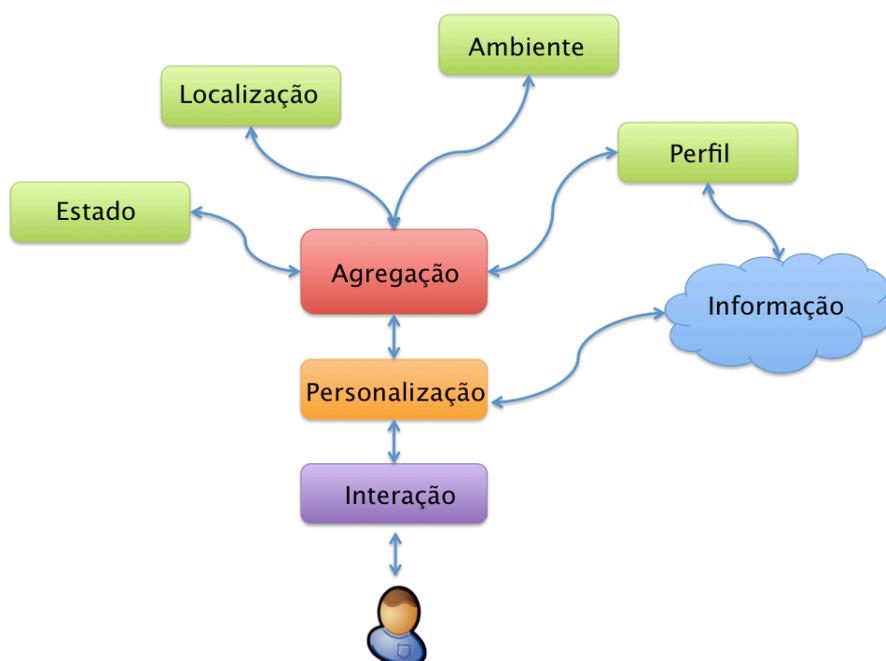


Figura 5.1: Modelo de Arquitetura

5.1 Módulos da Arquitetura

A seguir são detalhados cada um dos componentes desta arquitetura, como eles se relacionam entre si e quais são as tecnologias envolvidas no desenvolvimento futuro de cada um deles com o intuito de propor um modelo para a construção de futuras aplicações e serviços de Realidade Aumentada.

Localização - Este módulo deverá ser responsável pela obtenção de informações relacionadas a localização do usuário (latitude, longitude e altitude), através de GPS, triangulação de ERBs, serviços de LBS, ou outras tecnologias que possam identificar a localização do usuário. Este módulo deve fornecer ainda dados como data, horário e informações sobre o deslocamento provável - carro, trem ou a pé - baseado na localização e velocidade do deslocamento. Em suma este módulo é responsável por orientar o usuário no espaço e no tempo. As tecnologias envolvidas neste módulo são: Redes de comunicação móvel e Computação ubíqua.

Ambiente - Este módulo deve ser capaz de identificar o ambiente no qual o usuário está inserido, coletando dados sobre temperatura, luminosidade, umidade, dentre outros que possam identificar ao máximo o tipo de ambiente em que o usuário se encontra. O módulo também deve efetuar o mapeamento do ambiente, buscando objetos e outros dispositivos inteligentes que possuam comunicação, buscando identificar o que e quem está próximo.

Este módulo deve coletar o maior número de informações possíveis para situar onde o usuário está, próximo a o que e a quem criando uma réplica virtual do ambiente no qual o usuário está inserido. Para efetuar as funções previstas neste módulo, as seguintes tecnologias são envolvidas: Redes de comunicação móvel, Internet of Things, Computação ubíqua e Computação sensível ao contexto.

Perfil - Este módulo identifica quem é o usuário, acessando diversas bases de dados para obter informações sobre o seu perfil, incluindo idade, estado civil, sexo, histórico de saúde, histórico financeiro, histórico de comportamento, histórico de experiências, preferências baseadas em dados de redes sociais como Facebook, Orkut, Linked-in, Twitter, etc. Ainda, o usuário poderá definir em seu perfil hot-zones, como sua casa, trabalho e outros locais de interesse onde o sistema habilitaria informações mais detalhadas ou serviria como segurança para apresentar determinadas informações apenas em locais pré-definidos pelo usuário.

Este módulo deve obter o maior número de informações possíveis sobre o usuário com o objetivo de facilitar a personalização do conteúdo a ser apresentado para o usuário. As tecnologias envolvidas para obtenção dos dados previstos neste módulo são: Web semântica e Metaweb.

Estado - Este módulo deverá coletar dados de sensores que monitoram as condições físicas e de saúde do usuário como frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura, peso, dentre outros. O módulo também deverá identificar o estado em que o usuário se encontra - Ocupado, Disponível, Almoço, Em reunião, etc. Da mesma forma que os demais módulos, estas informações serão enviadas ao módulo agregador e posteriormente utilizadas para a personalização do conteúdo que deverá ser entregue ao usuário. Ao relacionar estas informações com os demais dados coletados como localização, ambiente e perfil é possível identificar como o usuário se sente em determinada situação. Por exemplo, caso o usuário esteja em seu carro em um determinado local da cidade a noite e a correlação dos diferentes dados obtidos - perfil, frequência cardíaca e respiratória indicam que o usuário esteja desconfortável naquela situação, devido a alguma situação traumática enfrentada no passado, o sistema poderá indicar automaticamente alguma rota alternativa por um caminho considerado mais seguro ao usuário.

Ainda, de acordo com o estado do usuário o sistema pode filtrar informações específicas. Por exemplo, caso o usuário esteja com o estado “Ocupado”, apenas informações consideradas urgentes serão apresentadas. Para efetuar as funções previstas neste módulo, as seguintes tecnologias são envolvidas: Redes de comunicação móvel, Computação ubíqua, Wearable Computing.

Agregação - Este módulo é responsável pela consolidação de todas informações obtidas através da localização, ambiente, perfil e estado. O objetivo deste módulo é abstrair os diferentes tipos de objetos e sensores com os quais o usuário poderá interagir em diversos ambientes com variados tipos de tecnologia. O módulo deverá consolidar e entregar os dados obtidos em um formato padronizado como por exemplo XML com informações sobre a localização, ambiente, perfil e estado do usuário para que o módulo de personalização possa relacionar os dados obtidos de diferentes fontes. As tecnologias envolvidas neste módulo são: Redes de comunicação móvel, Computação ubíqua, Web semântica e Metaweb.

Personalização- Cada usuário deverá ser tratado de maneira única, levando em consideração seu perfil, histórico de comportamento, preferências, etc. Estes dados devem ainda ser combinados com informações sobre a localização em que o usuário se encontra, em qual ambiente ele está inserido, quais são os objetos e/ou pessoas próximas e qual o seu estado atual. Este módulo deve receber todos os dados agregados do módulo de agregação, relacioná-los, filtrar as informações de acordo com a situação em que o usuário se encontra e definir qual será o conteúdo adequado a ser exibido ao usuário em um determinado instante.

Por exemplo, ao receber os dados do módulo de agregação, o sistema identifica que o usuário encontra-se de férias, em uma praia no litoral do Nordeste, o usuário está caminhando e próximo a uma loja, no ambiente em que o usuário está

inserido, dentre os diversos objetos e dispositivos inteligentes, o sistema identifica uma outra pessoa cujo perfil possa interessar ao usuário, trata-se de um instrutor de kite-surf, modalidade que de acordo com o perfil do usuário e comportamento identificado na base de dados é de interesse do usuário. O sistema automaticamente relaciona estas informações, identifica o conteúdo de interesse e apresenta ao usuário, informando que determinada pessoa daquele ambiente pode ajudá-lo no aprendizado de um esporte que estava em sua lista de preferências. Ainda, na situação de férias o sistema poderia oferecer conteúdo relacionado a geografia, história, cultura e opções de entretenimento no local em que o usuário se encontra.

Considerando este mesmo cenário, caso o usuário não estivesse de férias, as informações apresentadas poderiam ser outras, direcionadas para o tipo de situação que o usuário estaria vivendo naquele determinado momento.

Este módulo é responsável pela análise de todos dados e informações recebidas pelos demais módulos, cruzamento de informações, filtragem e personalização de todo e qualquer conteúdo que o usuário recebe. A ideia é abstrair ao máximo as informações para o usuário e apresentar apenas aquilo que ele deseja naquele determinado momento. Neste módulo as tecnologias envolvidas são: Web semântica e Metaweb.

Interação - Este módulo é responsável pela apresentação do conteúdo do módulo de personalização, através da projeção em óculos, lentes de contato ou mesmo ambiente externo, bem como por coletar as ações tomadas pelo usuário de acordo com as informações apresentadas e retornar estas ações para que o módulo de personalização possa adaptar o novo conteúdo a ser apresentado.

É através deste módulo que é estabelecida toda interface de entrada e saída de informações com o usuário. Para efetuar as funções previstas neste módulo, as seguintes tecnologias são envolvidas: Redes de comunicação móvel, Computação ubíqua e Wearable Computing.

Considerando os módulos propostos nesta arquitetura, além de obter informações do local onde o usuário se encontra, o que e quem está próximo dele e qual o seu estado atual, é possível relacionar estes dados com o seu perfil e histórico de comportamento, permitindo uma personalização avançada do conteúdo, apresentando informações que sejam relevantes para o usuário a cada momento.

5.2 Arquitetura proposta e tecnologias envolvidas

A Figura 5.2 ilustra a relação entre os diferentes módulos da arquitetura proposta e as tecnologias envolvidas para o seu desenvolvimento. Conforme citado nos capítulos anteriores, as tecnologias de redes de comunicação móvel são a base para a nova geração da Realidade Aumentada, uma vez que são elas que possibilitam a comunicação entre os diferentes elementos da arquitetura.

Dessa forma, o avanço de tecnologias como 4G, Near Field Communication, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee são fundamentais para o desenvolvimento de aplicações e serviços para Realidade Aumentada.

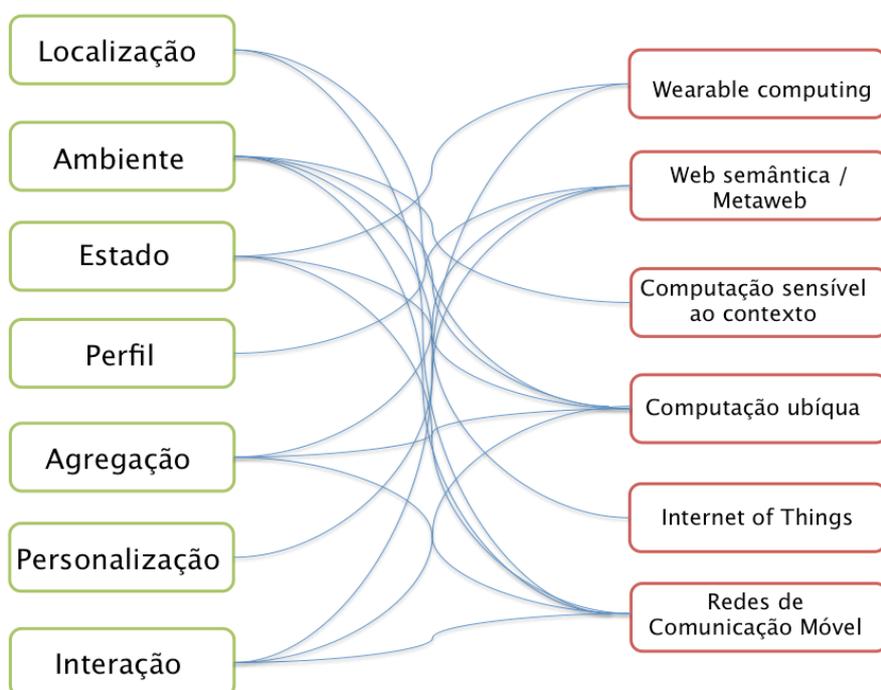


Figura 5.2: Arquitetura proposta e tecnologias envolvidas

Diversos exemplos poderiam ser citados sobre aplicações e serviços utilizando estas novas tecnologias, dentre eles pode-se citar o caso de uma pessoa com hipertensão que solicita informações sobre um determinado produto no supermercado. O sistema, através do perfil da pessoa, identifica que aquele produto não seria adequado para a sua dieta considerando o seu histórico atual de saúde. Ao cruzar informações do produto com o perfil da pessoa é possível identificar produtos que a pessoa seja alérgica, alertando o usuário do risco.

Outro exemplo seria uma pessoa ao solicitar informações sobre uma determinada roupa. Com a base de conhecimento sobre o perfil do usuário o sistema poderia indicar, baseado no perfil de uso do usuário, peso, altura e outras medidas físicas, se determinada roupa é adequada ou não, indicando outras peças que seriam mais adequadas para o usuário, baseado no seu perfil e cruzando estas informações com o contexto em que se encontra. Cada usuário pode receber informações diferenciadas de cada produto, de acordo com o seu perfil.

As possibilidades de aplicações para esta tecnologia são enormes, contudo conforme citado nos capítulos anteriores do trabalho, o desenvolvimento de todo o potencial desta nova geração de aplicações e serviços de Realidade Aumentada depende da evolução das tecnologias destacadas no modelo de arquitetura apresentado. Assim, com o objetivo de visualizar o horizonte em que estas tecnologias estariam disponíveis para o desenvolvimento destas aplicações foi elaborado um quadro com a indicação do estágio de desenvolvimento de cada uma das tecnologias, conforme pode ser observado abaixo.

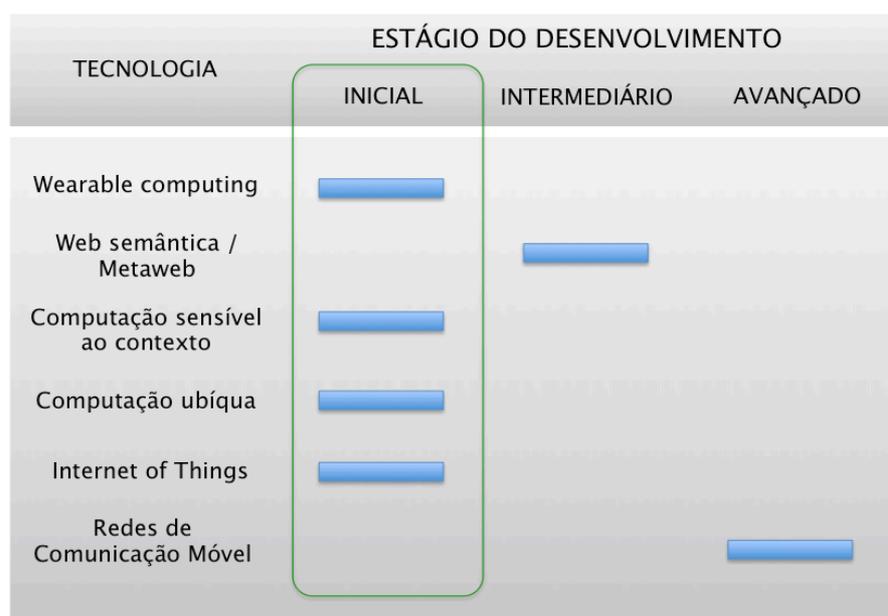


Figura 5.3: Estágio do desenvolvimento das tecnologias

O estágio inicial indica que a tecnologia encontra-se em fase de protótipo em laboratórios e centros de pesquisa, sendo que o tempo estimado para o mercado é de 5 a 10 anos. O estágio intermediário refere-se a tecnologias que estão em fase de testes finais para ingresso ao mercado, sendo o tempo estimado para sua disponibilidade de 3 a 5 anos. O último estágio avançado refere-se a tecnologias que estão em fase de validação no mercado, sendo o tempo estimado para disponibilização de 1 a 2 anos.

Conforme pode ser observado na Figura 5.3 a maior parte das tecnologias citadas no modelo de arquitetura proposto encontra-se no estágio inicial do desenvolvimento. Dessa forma, o tempo médio previsto para o ingresso da nova geração de aplicações e serviços de Realidade Aumentada é de 5 a 10 anos.

Vale destacar que algumas destas tecnologias já possuem aplicações comerciais, contudo ainda são aplicações incipientes e muitas vezes limitadas, não estando em estágio suficientemente avançado para o desenvolvimento desta nova geração da Realidade Aumentada.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizada a análise das principais tecnologias que darão suporte à nova geração de serviços e aplicações de Realidade Aumentada, relatando o estado atual e tendências futuras e propondo um modelo de arquitetura que relaciona as diferentes tecnologias envolvidas na construção da nova geração de aplicações.

Na análise das principais tecnologias foi possível observar que embora existam protótipos e até mesmo produtos disponíveis no mercado utilizando estas tecnologias, ainda existe um longo caminho a ser percorrido para que as tecnologias de suporte estejam avançadas o suficiente para o desenvolvimento da nova geração de aplicações e serviços de Realidade Aumentada.

As tecnologias de redes comunicação móvel são as que se encontram em estágio mais avançado com uma previsão de disponibilização de serviço de dados a 100 Mbps para o mercado nos próximos 2 anos. Esta velocidade de acesso seria suficiente para atender as necessidades do modelo de arquitetura proposto.

A *Internet of Things*, onde qualquer objeto físico no mundo pode ser conectado à internet, desde objetos de alto valor agregado até objetos simples utilizados no nosso cotidiano, ainda está em seu estágio de desenvolvimento inicial pois depende de um conjunto de outras tecnologias que ainda encontram-se em desenvolvimento.

Com as tecnologias relacionadas a computação ubíqua, onde o processamento da informação está dissolvido no ambiente e nos objetos e a computação torna-se pervasiva em nossa vida cotidiana, o estágio desenvolvimento é o mesmo. Contudo, caso as previsões feitas por Kurzweil (2005) se realizem, em poucos anos microprocessadores se tornarão pequenos e baratos o suficiente para serem embutidos em quase tudo, acelerando dessa forma o desenvolvimento da computação ubíqua.

A computação sensível ao contexto cuja ideia é de que os computadores podem perceber e reagir ao ambiente em que estão inseridos para auxiliar as pessoas na realização de alguma atividade, também encontra-se em estágio de desenvolvimento inicial, com protótipos e aplicações sendo testados em laboratórios e centros de pesquisa.

As tecnologias relacionadas à web semântica, que permite interligar o significado de palavras, atribuindo um sentido ao conteúdo publicado na internet, sendo perceptível tanto por humanos quanto por computadores, encontram-se em estágio intermediário de desenvolvimento, com aplicações em fase de testes e algumas já disponibilizadas no mercado.

No âmbito da computação vestível o estágio do desenvolvimento ainda é inicial. Embora já existam diversos produtos comerciais no mercado que permitem a leitura de dados do corpo e a interação com objetos virtuais no mundo exterior, o computador vestível que possa ser considerado como parte do usuário e opere em tempo real, estando sempre ativo e pode interagir com o usuário a qualquer momento, ainda está em fase de protótipo.

No modelo de arquitetura proposto levou-se em consideração aspectos relacionados a quem é o usuário, onde ele se encontra, o que está próximo dele, quem está próximo e o que ele está fazendo, sendo dividido em 7 módulos - Localização, Ambiente, Perfil, Estado, Agregação, Personalização e Interação. Em cada um destes módulos foram relacionadas as tecnologias associadas, sendo que as tecnologias de redes de comunicação móvel e computação ubíqua foram as que apresentaram maior associação, seguidas pela web semântica, wearable computing, computação sensível ao contexto e internet of things. Ainda, demonstrou-se o estágio atual de desenvolvimento de cada uma das tecnologias envolvidas, para ter com isso uma perspectiva do tempo médio previsto para o ingresso da nova geração de aplicações e serviços de Realidade Aumentada no mercado, sendo este previsto para 5 a 10 anos.

Como perspectiva futura, este trabalho pode servir de referência para a discussão de modelos de arquitetura para a próxima geração de aplicações e serviços de Realidade Aumentada. Considerando as diversas tecnologias envolvidas na arquitetura apresentada, um estudo mais detalhado de cada uma das tecnologias citadas poderia auxiliar em uma maior compreensão das limitações e desafios a serem enfrentados no desenvolvimento destas tecnologias.

Ainda como sugestão, poderiam ser realizadas pesquisas com o intuito de analisar qual será o impacto social e econômico relacionado à adoção destas tecnologias e, em especial, a adoção da Realidade Aumentada.

REFERÊNCIAS

ABOWD, G. D.; MYNATT, E. D. **Charting past, present, and future research in ubiquitous computing**. ACM Transactions on Computer- Human Interaction (TOCHI) 7(1), 31–58, Mar., 2000.

ADACHI F. **Wireless Past and Future – Evolving Mobile Communications Systems**. IEICE Trans. Fundamentals, v..E84–A, n.1, p.55-60 Jan 2001

ARAUJO, R. B. **Computação Ubíqua, Princípios, Tecnologias e Desafios**. XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, 2003.

AZUMA, R. **A survey of augmented reality**. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(4):355–385, 1997.

AZUMA, R. et al. **Recent advances in augmented reality**. IEEE Computer Graphics and Applications, 21(6) p. 34–47, 2001.

BIZZARRO, S. D. **Aplicação de RDF para metadados de banco de dados de imagens de documentos**. Londrina. 2006

BODYMEDIA. **BodyMedia FIT**. Disponível em: <http://www.bodymedia.com> Acesso em: 18/08/2010

BURRELL, J., GAY, G. K., KUBO, K., FARINA, N. **Context-aware computing: A test case**. Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing, p.1–15, 2002.

BRUMITT, B., MEYERS, B., KRUMM, J., KERN, A., SHAFER, S. A. **Easyliving: Technologies for Intelligent Environments**. Proceedings of the Handheld and Ubiquitous Computing Second International Symposium (HUC'2000), p.12-29, 2000.

CAUDELL, T. P., MIZELLI, D. W. **Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes**. In Proceedings of 1992 IEEE

CEC (Commission of the European Communities). **Internet of Things — An action plan for Europe**, Brussels, 2009.

CHEN, H, FININ T., JOSHI A. **Semantic Web in a Pervasive Context-Aware Architecture**. Artificial Intelligence in Mobile System, October 2003.

COUTAZ, J., CROWLEY, J. L., DOBSON, S., e GARLAN, D. Context is Key, In: **Communications of the ACM**, vol. 48, issue 3, New York, USA, ACM, p. 49-53, 2005.

DAINESE, C.A., GARBIN, T.R., KIRNER, C. **Sistema de Realidade Aumentada para o Desenvolvimento da Criança Surda**. In: VI SVR - Symposium on Virtual Reality. Ribeirão Preto: SBC, p. 273-281, 2003.

DARPA, **Proceedings of the Wearables in 2005 Workshop**, www.darpa.mil/MTO/Displays/Wear2005/, (1996).

DEY, A. K.; ABOU, G. D. **Towards a Better Understanding of Context and ContextAwareness**. In: CHI 2000 Workshop on the What, Who, Where, When, and How of ContextAwareness. Apr., 2000.

DEY, A.K. **Understanding and Using Context**. Special issue on Situated Interaction and Ubiquitous Computing. Volume 5, Number 1. Feb., 2001. p. 4-7.

FEINER, S., MACINTYRE, B., HOLLER, T., WEBSTER, A. **A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment**. In Proc. ISWC '97 (First IEEE Int. Symp. on Wearable Computers), pages 74–81, Cambridge, MA, 1997.

FEINER, S. **Augmented Reality: A new way of seeing**. Scientific American, 286(4): 48– 55, 2002.

FLECK, M., FRID, M., KINDBERG, T., O'BRIEN-STRAIN, E., RAJANI, R., SPASOJEVIC, M. **From informing to remembering: Ubiquitous systems in interactive museums**. IEEE Pervasive Computing, p.13–21, 2002.

FLEISCH, E. **What is the Internet of Things? - An Economic Perspective**. 2010. Disponível em: <http://www.autoidlabs.org/uploads/media/AUTOIDLABS-WP-BIZAPP-53.pdf>.

FOIGEL, J. **Os rumos da telefonia celular**. Disponível em: http://olhardigital.uol.com.br/central_de_videos/video_wide.php?id_conteudo=9637&tipo_video=baixa. Acesso em: 20/12/2009

FORBES. **Your computer in 2020**. <http://www.forbes.com/2010/04/08/3d-computers-2020-technology-data-companies-10-frog.html> . Acesso em 16/07/2010

FROGDDESIGN. **Envisioning-your-future-in-2020**. <http://designmind.frogdesign.com/blog/envisioning-your-future-in-2020.html> . Acesso em 16/07/2010

FERREIRA, E, C, H. G. **Geração Automática de Metadados: uma Contribuição para a Web Semântica**. Tese de Engenharia. Universidade de São Paulo. 2006.

GARTNER. **Hype Cycle for Emerging Technologies, 2010**. Disponível em: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1447613>. Acesso em: 10/10/2010

GERSHENFELD, N. **When Things Start to Think**. Henry Holt and Company, 1999.

GREENFIELD, A. **Everyware: the dawning age of ubiquitous computing**. Berkeley, California, New Riders, 2006.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

HAYES, G. **Top Augmented Reality Business Models 2009**. Disponível em <http://www.personalizemedia.com/16-top-augmented-reality-business-models/> Acesso em: 05/02/2010

HILLIS, D. FERREN, B. **Knowledge Web**. United States Patent. Mar, 2009.

HENDLER, J.; BERNERS-LEE, T.; MILLER, E. **Integrating Applications on the Semantic Web**. Journal of the Institute of Electrical Engineers of Japan. v. 122 n.10. 2002.

HURDEMAN, A. **The worldwide history of telecommunications**. Wiley-Interscience Publication, 2003.

IDG. **Google compra Metaweb para responder a pesquisas complexas**. <http://idgnow.uol.com.br/mercado/2010/07/16/google-compra-metaweb-para-responder-a-pesquisas-complexas/>

ITU. **Mobile Cellular Subscriptions**. Disponível em: <http://www.itu.int> Acesso em: 20/09/2010

ITU. **The Future of Communications in Next Generation Networks**. International Telecommunication Union. Jan. 2007. Disponível em: <http://www.itu.int/osg/csd/ni/voice/papers/FoV-Alleman-Rappoport-Final.pdf> Acesso em: 10/03/2008

ITU. **Ubiquitous Network Society**. ITU Telecom World 2006. Disponível em: http://www.itu.int/WORLD2006/forum/ubiquitous_network_society.html. Acesso em: 13/08/2010.

ITU. **The Internet of Things**. ITU Report, 2005.

KAGAL, L., FININ, T., JOSHI, A. **A policy language for a pervasive computing environment**. In IEEE 4th International Workshop on Policies for Distributed Systems and Networks, 2003.

KARIMI, H., HAMMAD, A. **Telegeoinformatics: Location-Based Computing and Services**. Taylor & Francis Books, 2004.

KAPPLER, N. AKHTAR, R. CAMPOS et al., **Network Composition using Existing and New Technologies**, in Proceedings of the 14th IST Mobile & Wireless Communications Summit 2005, Dresden, Germany, June 19-23, 2005.

KIRNER, C.; KIRNER, T.G. **Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization**. Hershey-NY: IGI Publishing, v. 1, p. 391-419, 2007.

KURZWEIL, R., **The Singularity is Near: when humans transcend biology**, New York, Viking/Penguin Books, 2005.

LAYAR. **Layar - AR Browser**. Disponível em: <http://www.layar.com> Acesso em: 12/05/2010

MANN, S., **An historical account of the 'WearComp' and 'WearCam' inventions developed for applications in 'Personal Imaging'**, *First International Symposium on Wearable Computers*, 1997.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento, execução e análise**, 2a.ed. São Paulo: Atlas, 1994.

MATTERN, F., FLOERKEMEIER, C. **From the Internet of Computers to the Internet of Things**. *Informatik-Spektrum* 33(2):107–121, 2010.

MCLUHAN, H.M.1964, **Understanding Media: The Extensions of Man**. New York: The New American Library.

MCGUINNESS D. HARMELEN F. **Owl web ontology language overview**. <http://www.w3.org/TR/owl-features/>, 2003.

MEIGUINS, B., GONÇALVES, A., GARCIA, M., GODINHO P. **Realidade Virtual e Aumentada em visualização de informação. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém – PA, Editora SBC, Porto Alegre, 2006.

MILGRAM, P. e KISHINO F. **A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays**. *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol E77-D, No.12. pp 1321-1329, 1994.

MINICOM. **Gestão Estratégica do Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações – FUNTTEL**. Ministério das Comunicações. Disponível em: <http://www.mc.gov.br/sites/600/695/00002280.pdf>. Acesso em: 10/02/2010

MIZELL, D. **Boeing's wire bundle assembly project**. In Barfield, W. and Caudell, T., editors, *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*, pages 447–467, 2001.

MIT. **Sixth Sense Project**. <http://www.media.mit.edu/people/pranav> . Acesso em 14/07/2010

MISTRY, P. **Sixthsense - integrating information with the real world**. Disponível em: <http://www.pranavmistry.com/projects/sixthsense/> Acesso em: 10/08/2010

MISTRY, P., MAES P., Liyan Chang. **WUW - Wear Ur World - A Wearable Gestural Interface**. Disponível em: fluid.media.mit.edu:4000/assets/_pubs/wip177-mistry.pdf Acesso em: 11/09/2010

MOZER, M. C. **The Neural Network House: An Environment that Adapts to its Inhabitants**. In American Association for Artificial Intelligence Spring Symposium on Intelligent Environments, p.110-114, 1998.

MORSE D. R.; ARMSTRONG S.; DEY A. K. . **The What, Who, Where, When and How of Context-Awareness**. 2000 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2000). Hague, Netherlands. April. Page 377, 2000.

NIEBERT N., et al., **Ambient Networks: an architecture for communication networks beyond 3G**, IEEE Wireless Communication, vol.11, no.2, Abril 2004.

NTTDoCoMo, **Toward 4G**. July, 2007. <http://www.nttdocomo.com/technologies/future/toward/index.html>. Acesso em: 20/04/2010

NTTDoCoMo, **Change and Challenge to Achieve New Growth**. December, 2008. http://www.nttdocomo.co.jp/english/corporate/ir/binary/pdf/library/presentation/081204/all_e.pdf. Acesso em: 23/05/2010

NUUBO. **Camisa textrônica**. Disponível em: <http://www.nuubo.com/> . Acesso em: 13/09/2010

OLGUÍN D., PENTLAND, A. **Sensor-Based Organizational Engineering**. ICMI-MLMI'09, Workshop on Multimodal Sensor-Based Systems and Mobile Phones for Social Computing. November 6, 2009, USA.

PANTIC, M., PENTLAND, A., NIJHOLT, A., & HUNAG, T. S. **Human Computing and Machine Understanding of Human Behavior: A Survey**. In T. H. al., *Human Computing* (pp. 47- 71). Berlin, Germany: Springer-Verlag. 2007.

PARVIZ, B. e LINGLEY, A. **Multipurpose integrated active contact lenses**. The Neuromorphic Engineer. Disponível em: <http://www.ine-news.org/pdf/0056/0056.pdf>. Acesso em: 20/02/2010

PAVLIK, J. V. **Journalism and New Media**. Columbia University Press, New York, NY, 2001.

PLX. **Xwave** . Disponível em: <http://www.plxwave.com/tech.html> Acesso em: 10/10/2010

RANDELL, C., **Wearable Computing: A Review**. Technical Report CSTR-06-004. University of Bristol. 2005.

RICE, R. **Augmented Vision and the Decade of Ubiquity**. Mar 2009 . Disponível em: <http://curiousraven.squarespace.com/future-vision/2009/3/20/augmented-vision-and-the-decade-of-ubiquity.html> . Acesso em: 12/03/2010

SARMA, S., BROCK, D.L., ASHTON, K. **The Networked Physical World**. TR MIT-AUTOID- WH-001, MIT Auto-ID Center, 2000.

SBC. **Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil 2006-1016** www.sbc.org.br

SCHILIT, B. N., ADAMS, N., GOLD, R., TSO, M., and WANT, R. **The ParcTab mobile computing system**. Proceedings of the Workshop on Workstation Operating Systems, p.34–39, 1993.

SCHILIT, B.; ADAMS, N.; WANT, R. **Context-aware computing applications**. In: Proceedings of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA'94). Santa Cruz, CA, US. 1994. p. 89-101, 1994.

SCHMIDT, A.; AIDOO, K.A.; TAKALUOMA, A.; TUOMELA, U. et al. **Advanced Interaction in Context**. In: Proceedings of 1th International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing (HUC99), Springer LNCS, 1999. Vol. 1707: p. 89-101.

SCHOENBERGER, C.R.: **The internet of things**. Forbes Magazine, March 18, 2002.

SEKAI. **Sekai Camera AR Application**. Disponível em: <http://www.sekaicamera.com> Acesso em: 11/07/2010

SPIVACK, N. **Metaweb Graph - The Future of the Net** .http://novaspivack.typepad.com/nova_spivacks_weblog/2004/04%20new_version_of_.html

SRI (Consulting Business Intelligence). **Disruptive Civil Technologies, Appendix F: The Internet of Things - 2008**. Disponível em: http://www.dni.gov/nic/PDF_GIF_confreports/disruptivetech/appendix_F.pdf. Acesso em: 05/09/2010

SRI. **Personalized Assistant that Learns**. Disponível em: <https://pal.sri.com/Plone/framework> Acesso em: 20/07/2010

TAPPERT, C. C., et al. **Military applications of wearable computers and augmented reality**. In Barfield, W. and Caudell, T., editors, *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*, pages 625–647, 2001.

THOMAS, B. et al. **ARQuake: An outdoor/indoor augmented reality first person application**. In Proc. ISWC '00 (Fourth Int. Symp. on Wearable Computers), p. 139–146, Atlanta, GA, 2001.

TELEFÓNICA. **La Internet del Futuro**. Telefónica I+D, Junio de 2010. Disponível em: http://www.tid.es/es/Futuro/Documents/Internet%20del%20futuro_06_2010.pdf. Acesso em: 23/08/2010.

TRUONG, K.; Abowd, G.; Brotherton, J. . **Who, What, When, Where, How: Design Issues of Capture & Access Applications**. International Conference on Ubiquitous Computing. Atlanta, Georgia, USA. September. Page 209, 2001.

UNDATA. **United Nations World Data**. Disponível em: <http://data.un.org> Acesso em: 20/09/2010

UKCRC. **Current Grand Challenges**. Disponível em: <http://www.ukcrc.org.uk/grand-challenge/current.cfm>. Acesso em: 10/08/2010

VLAHAKIS, V., et al. **Archeoguide: An augmented reality guide for archaeological sites**. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 22(5):52–59, 2002.

WEISER, M. **The Computer for the 21st Century**, *Scientific American*, 265(3): 94-104. 1991.

WANG, R. **Real-Time Hand-Tracking as a User Input Device**. Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory Massachusetts Institute of Technology. Disponível em: <http://people.csail.mit.edu/rywang/handtracking/uist.pdf>

WIRED. **Apple Close to Acquiring Voice-Search Company**. Disponível em: www.wired.com Acesso em: 15/07/2010.

ZEPHYR. **BioHarness BT**. Disponível em: <http://www.zephyr-technology.com/> Acesso em: 17/08/2010.