

# Laboratório Vivo de Usabilidade

Living Usability Lab

António Teixeira, Alexandra Queirós, Nelson Pacheco da Rocha, Eds.







# Laboratório Vivo de Usabilidade

(Living Usability Lab)



# Laboratório Vivo de Usabilidade

(Living Usability Lab)

António Teixeira  
Alexandra Queirós  
Nelson Pacheco da Rocha



# **Laboratório Vivo de Usabilidade**

(Living Usability Lab)

**EDITORES:**

António Teixeira, Alexandra Queirós e Nelson Pacheco da Rocha

**ISBN:**

978-989-98599-2-0

**DEPÓSITO LEGAL:**

364863/13

In Pharmaceutical Medicine Series

**SERIES EDITOR:** Luis Almeida

**ISSN:** 2182-5432

**EDITORA:**

ARC Publishing

[www.arc-publishing.org](http://www.arc-publishing.org)

Este trabalho foi suportado pelo COMPETE (Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico, Projetos de I&DT Empresas em co-promoção) e FEDER da União Europeia, através dos projetos QREN *Living Usability Lab for Next Generation Networks* e QREN *Ambient Assisted Living for All*.

© ARC Publishing e Editores

Outubro de 2013

Esta obra é distribuída de acordo com a licença [Creative Commons Atribuição 3.0 \(CC BY 3.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).



# Agradecimentos

O trabalho desenvolvido pelos docentes e investigadores da Universidade de Aveiro que está na base dos diferentes capítulos deste livro não seria possível sem o apoio e a intervenção de várias indivíduos e entidades. Os Editores estão particularmente gratos a:

Miguel Sales Dias, Daniela Braga e *Microsoft Language Development Center* pela coordenação do *Living Usability Lab for Next Generation Networks*;

Vasco Lagarto, em representação da Comissão Executiva do Pólo de Competitividade Tecnológica das Tecnologias de Informação, Comunicação e Eletrónica (TICES. PT), que em boa altura lançou o desafio da constituição de um *living lab* no *campus* da Universidade de Aveiro;

Todos os parceiros do *Living Usability Lab for Next Generation Networks* — Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto, *Micro I/O* e *Plux Wireless Biosignals* — e, em especial, as faces mais visíveis da participação, Pedro Carvalho e Luís Côrte-Real (Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto), Paulo Bartolomeu e José Alberto Fonseca (*Micro I/O*) e Joana Sousa (*Plux Wireless Biosignals*);

João Fonseca e INOVA+ pelo profissionalismo e apoio inexcedível na elaboração da

proposta submetida ao Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN) e no acompanhamento do *Living Usability Lab for Next Generation Networks*;

Todos os bolsiros da Universidade de Aveiro envolvidos nas diferentes atividades do *Living Usability Lab for Next Generation Networks* — Carlos Pereira, Ana Isabel Martins, Nuno Almeida, Flávio Ferreira, André Oliveira e Ana Filipa Rosa;

Fernando Miguel Pinto, Carlos Galinho Pires, Ana Júdice e restantes elementos da equipa de desenvolvimento do *Microsoft Language Development Center*;

Todos os parceiros dos projetos Padrão de Cuidados Primários para Serviços *Ambient Assisted Living* (AAL4ALL), *Personal Assistant to Enhance the Social Life of the Seniors* (PaeLife) e *Smartphones for Seniors, Mobile Solutions for Older Adults* (S4S) pela oportunidade que proporcionaram para a consolidação de algumas ideias que tiveram a sua génese no *Living Usability Lab for Next Generation Networks*;

Responsáveis do *Institute for Systems and Technologies of Information, Control and Communication* (INSTICC) e organizadores da *International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies* (BIOS-TEC) que possibilitaram a realização do pri-

meiro e segundo *International Living Usability Lab Workshop on AAL Latest Solutions, Trends and Applications*, em 2011 e 2012;

Manuel Sousa e Anabela Viegas por todo o apoio logístico;

Entidades financiadoras — Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN), Programa Operacional Temático Factores de Competitividade (COMPETE) e Agência de Inovação (AdI);

Por último, mas não menos importante, colegas docentes e investigadores da Universidade de Aveiro que colaboraram nas mais variadas atividades do *Living Usability Lab for Next Generation Networks* e contribuíram para este livro.

A todos o nosso muito obrigado!

Os Editores

# Editores

## Alexandra Queirós.

É professora coordenadora da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro. Obteve a licenciatura em Novas Tecnologias da Comunicação, em 1998, o mestrado em Gestão de Informação, em 2001, e o doutoramento em Tecnologias da Saúde, em 2006, pela Universidade de Aveiro.

É, atualmente, membro eleito do Conselho Científico da Universidade de Aveiro.

Os seus interesses de investigação incluem a funcionalidade humana, o *Ambient Assisted Living*, e a aplicação das tecnologias da informação aos serviços de saúde e de âmbito social. Esteve envolvida em diversos projetos europeus e nacionais, orientou diversas dissertações de mestrado e tem cerca de cinquenta publicações científicas distribuídas por capítulos de livros, revistas e conferências internacionais.

## António Teixeira.

É mestre em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações e doutorado em Engenharia Eletrotécnica pela Universidade de Aveiro.

É professor auxiliar do Departamento de Eletrónica Telecomunicações e Informática, investigador do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Diretor do mestrado em Ciências da Fala e da Audição e *chair* do *Special Interest Group on Iberian Languages da International Speech Communication Association* (ISCA).

Os interesses de investigação, iminentemente interdisciplinares, incluem processamento de voz, fala e linguagem, processamento computacional da língua portuguesa, interação humano-computador multimodal, robôs de serviço e *Ambient Assisted Living*. Encontra-se envolvido em vários projetos nacionais (por exemplo, HERON II, S4S e AAL4ALL) e no projeto *PaeLife* do *AAL Joint Programme*. Organizou ou participou na organização de várias conferências na área do processamento de fala e linguagem, como o *InterSpeech* 2005, *PROPOR*, *Iberian SLTech*, *FALA* 2010 e *iberSpeech* 2012. Esteve também envolvido, em 2011 e 2012, no *International Living Usability Lab Workshop on AAL Latest Solutions, Trends and Applications*, evento integrado na *BIOSTEC* e criado no âmbito do projeto *Living Usability Lab for Next Generation Networks*.

## Nelson Pacheco da Rocha.

É professor catedrático da Secção Autónoma de Ciências da Saúde da Universidade de Aveiro e investigador do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro. Obteve a licenciatura em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações, em 1983, e o doutoramento em Engenharia Eletrotécnica, em 1992, pela Universidade de Aveiro.

Foi presidente da Comissão Coordenadora do Centro de Informática e Comunicações (1992-1998), Diretor da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro (2001-2011) e Pró-reitor da Uni-

versidade de Aveiro (2005-2010). Desde 2001, é o Diretor da Secção Autónoma de Ciências da Saúde da Universidade de Aveiro.

Os seus interesses de investigação incluem a aplicação das tecnologias de informação aos serviços de saúde e de âmbito social, o uso secundário de registos eletrónicos de saúde, e a interdependência da funcionalidade humana com os serviços *Ambient Assisted Living*. Coordenou equipas da

Universidade de Aveiro em mais de quatro dezenas de projetos de investigação e desenvolvimento nacionais e internacionais, orientou diversos alunos de mestrado e doutoramento, possui uma patente e tem mais de uma centena de publicações científicas distribuídas por livros, capítulos de livros, revistas e conferências internacionais.

Em 2007, foi-lhe atribuído o Prémio Fundação *GlaxoSmithKlein* para as Ciências da Vida.

# Prefaciadores

## **Miguel Sales Dias.**

Licenciado (1985) e mestre (1988) em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, ambos do IST-UTL (Portugal), é doutor (1998) em Computação Gráfica e Multimédia, pelo ISCTE-IUL (Lisboa), onde foi professor associado até 2005 e professor associado convidado até 2012. Desde 2005, é o Diretor do primeiro centro de investigação e desenvolvimento europeu da Microsoft em tecnologias de interação natural pessoa-computador (*Microsoft Language Development Center*), localizado em Portugal. Autor de 1 patente, autor, coautor ou editor de 8 livros científicos, 11 artigos indexados em revistas internacionais, 23 capítulos de livros internacionais indexados, 132 outras publicações, cursos ou *key-notes* em conferências internacionais, participou desde 1992 ou participa, em 28 projetos de investigação e desenvolvimento internacionais (nos programas ESPRIT, RACE, ACTS, TELEMATICS, TEN-IBC, EUREKA, INTERREG, FP5 IST-IPS, FP6 IST, ESA, Marie Curie, AAL) e 15 nacionais (FCT, QREN, NITEC, POSC, POCTI, POSI, ICP-ME, TIT), tendo obtido 5 prémios de índole científica. É membro do ACM SIGGRAPH, *Eurographics*,

ISCA e IEEE. É membro do conselho editorial de várias revistas e membro de vários comités de programa de conferências nacionais e internacionais nos domínios da computação gráfica, realidade virtual e aumentada, interação, tecnologias de fala, acessibilidade e *Ambient Assisted Living*. Foi presidente da ADETTI, um centro de investigação e desenvolvimento associado do ISCTE-IUL. Foi Vice-presidente e Secretário do Grupo Português de Computação Gráfica.

## **Vasco Lagarto.**

Obteve a licenciatura em Engenharia Eletrotécnica pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Em 1972 ingressa no centro de Estudos de Telecomunicações (CET), onde permanece até 2003. De 1988 até 2003 é o principal responsável pela dinamização da participação do CET em projetos de programas comunitários. Em termos de atividades docentes, foi assistente convidado do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro. É, atualmente, o Diretor Executivo do polo TICE.PT.



# Autores

## Ana Filipa Rosa.

Concluiu a licenciatura em Gerontologia, em 2009, na Escola Superior de Saúde de Saúde da Universidade de Aveiro e o mestrado em Gerontologia na Secção Autónoma das Ciências da Saúde da Universidade de Aveiro, em 2010.

Atualmente desenvolve trabalho de investigação no Instituto de Engenharia Electrónica e Telemática de Aveiro na área do desenvolvimento de produtos e serviços dirigidos à população sénior, focando-se especificamente na avaliação de usabilidade com utilizadores finais.

## Ana Isabel Martins.

Concluiu a licenciatura em Gerontologia, em 2009, na Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro e o mestrado em Gerontologia na Secção Autónoma da Ciências da Saúde da Universidade de Aveiro, em 2010. Atualmente é aluna do programa doutoral em Ciências e Tecnologias da Saúde na Universidade de Aveiro e desenvolve trabalho de investigação no Instituto de Engenharia Electrónica e Telemática de Aveiro.

O seu trabalho de investigação tem-se focado na área da utilização e comercialização de tecnologias de apoio e avaliação da funcionalidade humana e fatores ambientais utilizando a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde. Mais recentemente, tem direcionado o seu estudo para as metodologias de avaliação de usabilidade de sistemas e serviços *Ambient Assisted Living*, numa abordagem *living lab*.

## Ana Júdice.

É licenciada em Serviço Social pelo Instituto Superior de Serviço Social de Lisboa e mestre na mesma área pelo ISCTE-IUL. No seu percurso como investigadora em ciências sociais no *Microsoft Language Development Center*, concluiu a sua tese de mestrado, tendo a mesma incidido sobre tema 'As Novas Tecnologia ao Serviço do Bem-Estar do Idoso – o Papel do Serviço Social'. Desde 2010, o seu trabalho de investigação esteve sempre ligado a projetos de investigação e desenvolvimento, essencialmente no que respeita à contribuição para o desenvolvimento de tecnologia de fala, nomeadamente reconhecimento de fala, incluindo testes preliminares e de usabilidade no terreno. Também conduziu campanhas de recolha de fala de idosos e trabalhou nas transcrições para a criação de modelos acústicos. Colaborou em vários artigos científicos relacionados com tecnologia de fala e população idosa.

## Anabela Gonçalves Silva.

É professora adjunta da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, desde 2010, e docente da mesma instituição, desde 2001. Licenciou-se em Fisioterapia na Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, em 2000, e doutorou-se na *Leeds Metropolitan University*, Reino Unido, em 2009. As áreas de investigação de maior interesse são a funcionalidade humana e os determinantes desta, em particular, a associação entre a dor e a função e os métodos de avaliação da dor e da funcionalidade. Tem várias publicações em capítulos de livros, revistas nacionais e internacionais, e conferências.

### **André Peixoto.**

Completo o mestrado integrado em Engenharia de Eletrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro, em julho de 2012. A sua dissertação de mestrado foi desenvolvida em colaboração com a *Micro I/O* - Serviços de Eletrónica, Lda, no âmbito do *Living Usability Lab for Next Generation Networks*. Esta colaboração consistiu no desenvolvimento de uma aplicação móvel *Android* para o sistema *B-Live Wireless*, permitindo o controlo e visualização do estado de um conjunto de sensores e atuadores sem fios num ambiente habitacional.

Desde agosto de 2012 que é colaborador da *Micro I/O* em regime de estágio. Neste âmbito, está envolvido em três projetos: *Living Usability Lab for Next Generation Networks*, *Bike Emotion* e *SIGE 3*. A sua contribuição relaciona-se com o desenvolvimento aplicações *Java*, *Android* e *Web*. A sua área de interesse principal consiste no desenvolvimento de *software* para plataformas de computação móvel.

### **André Oliveira.**

Concluiu a licenciatura em Tecnologias e Sistemas de Informação, em 2010, e o mestrado em Sistemas de Informação, em 2012, na Universidade de Aveiro. Ingressou no Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, em 2011, como bolsheiro de investigação, focando o seu trabalho de investigação na área de *Ambient Assisted Living*. O seu trabalho teve início com a integração no projeto *Living Usability Lab for Next Generation Networks*, estando atualmente ligado aos projetos *PaeLife* e *AAL4ALL*, onde tem participado nas diversas fases do ciclo de vida de um projeto, desde o planeamento e desenvolvimento de sistemas e serviços, até à fase de teste e demonstração dos mesmos.

### **Annika Hämäläinen.**

É licenciada em Engenharia Eletrotécnica (2000) pela Universidade Rovaniemi de Ciências Aplicadas, na Finlândia, mestre em Processamento de Fala e Linguagem (2002) da Universidade de Edimburgo no Reino Unido, e é doutorada em Reconhecimento Automático de Fala (2009) pela Universidade de Nijmegen na Holanda. Na sua investigação durante o doutoramento, focou-se na modelação da variação de pronúncia para reconhecimento automático de fala ao nível da modelação acústica, tendo publicado com regularidade as suas descobertas em conferências e revistas científicas internacio-

nais. Annika também possui vários anos de experiência profissional em síntese e reconhecimento automático de fala. Foi colaboradora em algumas das empresas líderes de mercado da área (*Loquendo*, Itália, 2009-2011; *Nuance*, Bélgica, 2007-2008; *British Telecommunications*, Reino Unido, 2001 e 2002). Desde janeiro de 2012 trabalha no *Microsoft Language Development Center*, em Lisboa, tendo já participado em vários projetos internacionais de investigação e desenvolvimento (*Living Usability Lab for Next Generation Networks*, *AAL PaeLife*, *S4S*, *CNG*, *Marie Curie Golem*) como cientista da fala e especialista em modelação acústica.

### **António Amaro.**

É médico especialista de Medicina Física e de Reabilitação e professor coordenador da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro. Obteve a licenciatura em Medicina na Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, em 1987, e o doutoramento em Ciências Biomédicas pela Universidade de Aveiro, em 2006. Foi membro eleito da Direção do Colégio da Especialidade de Medicina Física e de Reabilitação (2000-2012). Desde 2011 é Vice-diretor da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro.

Os seus interesses de investigação incluem o envelhecimento e a *performance* com destaque para a área músculo-esquelética e ainda o desenvolvimento, integração e avaliação de tecnologias ou produtos de apoio na área da gerontologia e da reabilitação.

### **António Calado.**

É licenciado em Engenharia de Telecomunicações e Informática e mestre em Engenharia Informática pelo ISCTE-IUL. Iniciou a sua carreira profissional, em 1999, como colaborador da ADETTI-IUL, participando em vários projetos nacionais e europeus de investigação em computação gráfica, que resultaram na publicação de vários artigos científicos em conferências da especialidade. Desde 2006, é colaborador do *Microsoft Language Development Center*. Aqui iniciou a sua atividade focando-se na conceção e treino de modelos acústicos para várias línguas. Posteriormente, focou a sua atividade na conceção, desenho e implementação de sistemas de recolha de fala, dos quais resultaram vários *corpora* de fala, posteriormente utilizados no treino de sistemas de reconhecimento automático que, por seu turno, foram incorporados em produtos *Microsoft*.

Participou igualmente em vários projetos de síntese de fala, onde contribuiu para a criação de vozes sintetizadas em várias línguas.

### **António J. R. Neves.**

Nasceu em Torres Novas, Portugal, em julho de 1979. Terminou a licenciatura em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro, em 2002, e o doutoramento em Engenharia Eletrotécnica na mesma universidade, em 2007. Atualmente é professor auxiliar do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro e investigador do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro.

Os seus principais interesses de investigação são nas áreas de processamento de sinal, nomeadamente codificação de imagem e vídeo, e bioinformática. Tem também realizado trabalho de investigação em robótica, nomeadamente nas áreas de visão por computador, fusão sensorial e robótica multi-agente. Atualmente é o coordenador científico do projeto de futebol robótico CAMBADA.

Tem uma centena de publicações científicas, sendo mais de quarenta indexadas pelo ISI, uma dezena de artigos em revistas científicas internacionais e cinco capítulos de livros. Tem mais de vinte orientações ou coorientações de trabalhos de mestrado e é orientador ou coorientador de quatro alunos de doutoramento.

Ao longo da sua carreira participou ou ainda participa na equipa de investigação em mais de dez projetos de investigação financiados.

### **Artur Pereira.**

Tem uma licenciatura em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações e um doutoramento em Engenharia Eletrotécnica, ambos emitidos pela Universidade de Aveiro.

É professor auxiliar do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro. A sua atividade docente é diversa, incluindo disciplinas nas áreas da programação, dos sistemas operativos, da arquitetura de computadores, da teoria da computação e da robótica.

A sua atividade de investigação e desenvolvimento está centrada, atualmente, na área da robótica, com destaque para a robótica autónoma e móvel, com enfoque em simulação, monitorização, concorrência, fusão sensorial, localização e navegação, entre outros. Esta atividade manifesta-se na participação

em diversos projetos, na orientação de dissertações de mestrado e doutoramento, na participação em júris de provas académicas, na coautoria de artigos científicos e na realização de competições robóticas e de outras ações de divulgação. Já obteve vários prémios em competições robóticas. Quanto aos projetos em que está ou esteve envolvido, destacam-se os projetos *Living Usability Lab for Next Generation Networks*, *INTELLWHEELS*, *ACORD*, *MicroRato* e *CAMBADA*.

### **Bernardo Cunha.**

É professor auxiliar do Departamento de Eletrónica Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, onde desenvolve atividade docente e de investigação e desenvolvimento desde 1982. Doutorado em Engenharia Eletrotécnica com trabalho na área de sistema de instrumentação para aplicações em neurofisiologia clínica desenvolve atualmente a sua atividade no domínio da robótica, sendo o atual coordenador da Atividade Transversal em Robótica Inteligente do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro. Conta atualmente com mais de 50 publicações em capítulos de livros, revistas e conferências com arbitragem científica. Os seus atuais interesses de investigação centram-se na instrumentação e sistemas sensoriais, visão em robótica, condução autónoma e *Personnal Area Networks* para assistência médica e monitorização remota. É, desde há três anos, membro do Comité Executivo da liga MSL da *RoboCup Federation* e tem desempenhado nos últimos seis anos cargos nos órgãos sociais da Sociedade Portuguesa de Robótica da qual é membro fundador. É detentor de duas patentes e detém um total de 26 prémios, dos quais 24 no âmbito de competições nacionais e internacionais em robótica.

### **Carlos Galinho Pires.**

Tem o mestrado integrado em Engenharia Informática e de Computação (2010) pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. A sua tese focou-se no estudo e desenvolvimento de um protótipo multimodal e multiplataforma com o objetivo de melhorar a interação humano-computador, por parte de pessoas com mobilidade reduzida no que diz respeito ao acesso a serviços de comunicação. Este trabalho deu origem a publicações em conferências internacionais e foi premiado: Prémio de Inovação Tecnológica Engenheiro Jaime Filipe (2010) e 2ª Menção Honrosa do Prémio Ser Ca-

paz - Investigação e Tecnologia (2011). Atualmente é engenheiro de *software* no *Microsoft Language Development Center* no Porto, onde realizou a sua tese e, continua a participar em projetos nacionais e internacionais de investigação e desenvolvimento na área da interação multimodal e *Ambient Assisted Living* (*Living Usability Lab for Next Generation Networks*, *AAL PaeLife*, *S4S* e *AAL4ALL*).

#### **Carlos Pereira.**

É aluno de doutoramento em Informática no Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro. Concluiu a sua licenciatura em Ciências da Computação, em 2007, pela Universidade do Minho, assim como o mestrado em Informática, em 2009, da mesma instituição. Esteve envolvido em diversos projetos dos quais se distinguem o projeto *Living Usability Lab for Next Generation Networks* e o projeto *AAL4ALL*. O seu trabalho de investigação incide em tópicos como *Ambient Assisted Living*, arquiteturas orientadas a serviços, interação multimodal e sistemas *eHealth*. É autor de diversas publicações em conferências assim como coautor de diversos capítulos de livro em anos recentes.

#### **Catarina Oliveira.**

É doutorada em Linguística pela Universidade de Aveiro, professora adjunta da Escola Superior de Saúde da mesma universidade e investigadora do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro.

Os interesses de investigação incluem a fonética experimental, especialmente o estudo acústico e articulatório dos sons do português (por exemplo, vogais nasais e consoantes laterais), o impacto do envelhecimento na fala e as aplicações da linguística à síntese de fala. Tem estado envolvida em vários projetos nacionais (por exemplo, *HERON I* e *HERON II*) e é autora coautora de várias publicações na área da fonética do processamento da fala e linguagem.

#### **Ciro Martins.**

É licenciado em Matemática/Informática pela Universidade da Beira Interior, em 1993, mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pelo Instituto Superior Técnico, em 1998, e doutorado em Engenharia Informática pela Universidade de Aveiro, em 2008. Desenvolve funções de docência na Es-

cola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda da Universidade de Aveiro, sendo Diretor da licenciatura em Tecnologias da Informação. É investigador do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, centrando-se os seus interesses de investigação na área dos sistemas de reconhecimento automático da fala, sistemas de diálogo com *interfaces* de fala e interação humano-computador.

#### **Cláudio Teixeira.**

É atualmente Investigador Auxiliar do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro. Obteve a licenciatura em Engenharia de Computadores e Telemática, em 2003, e o doutoramento em Informática, em 2009, ambos pela Universidade de Aveiro. Os seus principais interesses incluem integração de sistemas de informação, criação de valor por integração de serviços, serviços de informação baseados em XML, *Cloud Computing* e *e-Government*.

#### **Cristóvão Cruz.**

Ingressou, em 2006, no mestrado integrado em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações, na Universidade de Aveiro. Juntou-se ao Grupo *Linux* da Universidade de Aveiro, em 2008, do qual ainda é membro, que tem como propósito o suporte e divulgação do *Linux* entre a comunidade académica. Iniciou a sua carreira na investigação em 2009, dedicando-se à computação reconfigurável aplicada a redes de comunicação baseadas em *FTT-Ethernet*, no Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro. Em 2011, enveredou pela área de visão artificial aplicada à robótica e integrou a equipa *CAMBADA@Home*, que resultou na participação em competições internacionais e coautoria em vários artigos científicos. Desde 2012 é investigador do Instituto de Telecomunicações, polo de Aveiro, no campo das comunicações veiculares baseadas em IEEE 802.11, local onde também se encontra a desenvolver a dissertação de mestrado sobre comunicações veiculares sem fios com garantias de tempo-real. Atualmente, os seus interesses abrangem comunicações sem fios, comunicações veiculares, sistemas embutidos, sistemas de tempo-real, sistemas reconfiguráveis e o sistema operativo *Linux*.

#### **Daniela Braga.**

É *Program Manager* no grupo de produto de Tecnologias de Voz e Diálogo da *Microsoft Corporation*, em

Bellevue, WA, Estados Unidos da América. Licenciou-se em Estudos Portugueses, pela Universidade do Porto, em 2000, data em que se juntou ao Laboratório de Processamento da Fala da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, onde permaneceu como investigadora até 2006. Em 2005 completou o mestrado em Linguística, pela Universidade do Minho e, em 2008, obteve um doutoramento europeu na área da Síntese da Fala, pela Universidade da Corunha, Espanha. Lecionou em diversas instituições de ensino superior em Portugal e em Espanha. Dirigiu, entre novembro de 2006 e novembro de 2010, a equipa de Síntese da Fala e Expansão de Línguas do *Microsoft Language Development Center*, Portugal. Em 2010, juntou-se ao grupo de produto de tecnologias de fala em Pequim (*Microsoft China*), onde dirigiu o grupo de cientistas em síntese da fala e foi responsável pela tecnologia de síntese de voz disponível no *Narrator* para o *Windows 8*. Continua a participar ou a dirigir projetos de investigação no *Microsoft Language Development Center* em consórcios nacionais e europeus nas áreas das tecnologias de fala, acessibilidade e *Ambient Assisted Living*. É revisora em várias conferências internacionais nas áreas do processamento da fala e da linguagem natural (*Interspeech*, *Ibberspeech*, *DSAI*, *Propor*, *Speech Prosody* e *Springer*) e é convidada frequentemente como avaliadora pela Comissão Europeia na sua área de conhecimento. É autora de cerca de 80 publicações em livros, revistas e conferências nacionais e internacionais. Obteve vários prémios de índole científica ao longo da sua carreira.

#### **Eurico Pedrosa.**

Terminou o mestrado integrado em Engenharia de Computadores e Telemática na Universidade de Aveiro, em 2010. Desde setembro de 2012 é aluno de doutoramento em Informática no grupo de Atividade Transversal em Robótica Inteligente inserido no Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro. Desde janeiro de 2011 é membro do *CAMBADA@Home*, um projeto de investigação que se foca no desenvolvimento de serviços e tecnologias de assistência robótica para o apoio a pessoas idosas. Os seus interesses atuais de investigação são localização e navegação robótica, mapeamento métrico, topológico e semântico, e planeamento automático aplicado a navegação de alto nível.

#### **Fernando Miguel Pinto.**

É mestre em Engenharia Informática e Computação pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2010). Na sua investigação durante a escrita da tese de mestrado, realizada em ambiente empresarial no *Microsoft Language Development Center*, focou-se na usabilidade de aplicações multimodais orientadas a indivíduos com mobilidade reduzida, para acesso a redes sociais, tendo publicado resultados desta investigação em várias conferências nacionais e internacionais. Desde janeiro de 2010 trabalha no *Microsoft Language Development Center* no Porto, tendo já participado em vários projetos internacionais de investigação e desenvolvimento (*Living Usability Lab for Next Generation Networks*, *AAL PaeLife*, *S4S* e *AAL4ALL*), na qualidade de investigador, engenheiro de *software* e coordenador técnico, estando atualmente envolvido nas áreas de interação humano-computador multimodal, usabilidade, processamento e síntese de fala, computação distribuída e paralelizada e *big data*. Em virtude do seu trabalho académico e científico obteve diversos prémios, como o de melhor aluno do seu curso de licenciatura (2009), o Prémio de Inovação Tecnológica Engenheiro Jaime Filipe (2010) e 2ª Menção Honrosa do Prémio Ser Capaz - Investigação e Tecnologia (2011).

#### **Flávio Ferreira.**

Concluiu a licenciatura em Sistemas de Informação, em 2010, no Departamento de Engenharia Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro e o mestrado em Sistemas de Informação no mesmo Departamento, em 2012.

Em 2011 tornou-se bolseiro de investigação do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro da Universidade de Aveiro no âmbito do projeto *Living Usability Lab for Next Generation Networks*, onde desenvolveu soluções orientadas ao serviço, tendo ainda investigado maneiras de colocar serviços de forma autónoma e eficaz nas habitações dos utilizadores. Atualmente é bolseiro de investigação do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro no âmbito do projeto *S4S*. Tem ainda colaborado no desenvolvimento efetuado nos projetos *PaeLife* e *AAL4ALL*.

O seu trabalho de investigação tem-se focado na área de *Ambient Assisted Living*, mais concretamente a conceptualização e o desenvolvimento de sistemas orientados a serviços. Mais recentemente, tem di-

reacionado o seu estudo para a conceptualização e desenvolvimento de aplicações móveis.

#### **Joaquim Alvarelhão.**

É professor adjunto na Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro. É licenciado em Terapia Ocupacional. Concluiu o mestrado em Saúde Pública, em 2010, na Universidade do Porto e possui o título de especialista na área da Terapia e Reabilitação desde 2012.

Atualmente é membro da Comissão Executiva da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro. É, também, membro da Comissão Executiva da *International Cerebral Palsy Society* e coordena o Instituto Científico de Formação e Investigação da Federação das Associações Portuguesa de Paralisia Cerebral.

O seu interesse de investigação inclui a funcionalidade humana, *Ambient Assisted Living* e as questões relativas à deficiência e incapacidade. Esteve envolvido em vários europeus e nacionais projetos de investigação financiados, tem mais de 20 publicações distribuídas por capítulos de livros, revistas e comunicações em conferências internacionais.

#### **Joaquim Arnaldo Martins.**

Nasceu em 21 de novembro de 1956. Licenciou-se em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações, em 1979, e doutorou-se na área de Redes de Computadores, em 1989, pela Universidade de Aveiro.

Desde 1979 até ao presente é membro do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, sendo professor catedrático desde 2004. É investigador sénior do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro – Laboratório de Sistemas de Informação e Telemática. De 1992 a 1997 foi Vice-diretor do INESC Aveiro e coordenou o grupo Telemática. De 1998 a 2001 foi Diretor do Centro de Informática e Comunicações da Universidade de Aveiro. Desde 2011 é Diretor do Departamento de Eletrónica e Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

Participou em vários projetos nacionais e europeus de investigação e desenvolvimento no âmbito da telemedicina, ensino aberto e a distância e tecnologias de informação. As áreas de interesse são os sistemas e gestão de informação, arquivos e bibliotecas digitais, arquiteturas orientadas a serviços, *Web* semântica, *e-Government* e redes de computadores.

É membro do IEEE e da Ordem dos Engenheiros.

#### **Joaquim Sousa Pinto.**

Licenciou-se em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações, em 1985, e doutorou-se na área de Redes de Computadores, em 1997, pela Universidade de Aveiro.

Desde 1987 até ao presente é membro do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, sendo professor auxiliar desde 1997. É investigador sénior do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro - Laboratório de Sistemas de Informação e Telemática. É Diretor da licenciatura em Tecnologias e Sistemas de Informação, desde 2007, e, desde 2011, diretor do mestrado em Sistemas de Informação da Universidade de Aveiro.

Participou em vários projetos nacionais e europeus de investigação e desenvolvimento no âmbito da telemedicina, ensino aberto e à distância e tecnologias de informação. Desde 2008 coordena o projeto Informatização das Secretarias Judiciais e dos Processos Penal e Civil de Cabo Verde.

As suas áreas de interesse são os sistemas e gestão de informação com ênfase nos arquivos e bibliotecas digitais, arquiteturas orientadas a serviços, *Web* semântica, governação eletrónica.

#### **João Cunha.**

É investigador na Atividade Transversal em Robótica Inteligente do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática da Universidade de Aveiro, desde 2009, ano em que concluiu o mestrado integrado em Engenharia de Computadores e Telemática na Universidade de Aveiro. Os seus interesses de investigação enquadraram-se em sistemas autónomos e inteligência artificial, abrangendo as áreas de perceção, decisão e controlo inteligente. Colabora no projeto de futebol robótico CAMBADA e lidera o projeto de robótica de serviço CAMBADA@Home. De momento é aluno de doutoramento na Universidade de Aveiro, onde desenvolve metodologias que permitem a robôs inteligentes aprender a realizar tarefas através de aprendizagem por reforço.

#### **João Freitas.**

Licenciou-se em Engenharia Informática e Computadores pelo Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, em 2007. A sua carreira profissional teve início, em 2006, como engenheiro de *software* no

*Microsoft Language Development Center*, em Lisboa, na área de *interfaces* de fala para dispositivos móveis. Posteriormente, focou a sua atividade na conceção, desenho e implementação de plataformas de recolha de fala, cujo resultado foi incorporado em diversos produtos *Microsoft*. Coordenou ainda atividades de teste de *software* e controlo de qualidade. Atualmente, é responsável pela coordenação e gestão de uma equipa encarregue da conceção, desenho e implementação dos processos de modelação, importação e gestão de fontes de dados com elevado volume. Participa ainda em projetos de investigação nacionais e internacionais nas áreas de reconhecimento de fala, *interfaces* multimodais e visão por computador. Em 2010, iniciou o doutoramento em Informática, pelas Universidades do Minho, Aveiro e Porto (MAPI), tendo diversas publicações científicas em conferências internacionais e capítulos de livros.

#### **José Alberto Fonseca.**

É professor associado do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro e coordena o grupo *Embedded Systems* do Instituto de Telecomunicações, polo de Aveiro. Foi também fundador e é atualmente um dos principais sócios da empresa *Micro I/O - Serviços de Eletrónica, Lda*, inicialmente *spin-off* da Universidade de Aveiro, líder de mercado em Portugal em sistemas de gestão de escolas, com mais de 500 clientes e 500,000 utilizadores.

Ao nível de investigação os seus interesses centram-se em sistemas embutidos distribuídos, comunicações industriais, em particular sem fios, e com ênfase em aplicações tempo-real de segurança crítica para as áreas automóvel, aviónica, automação e saúde.

Detém várias patentes na área de comunicações e afins, foi-lhe atribuído o Prémio Jaime Filipe em Engenharia de Reabilitação, em 2007, e publicou mais de 100 artigos na sua área de investigação. É neste momento, e desde 2010, editor associado da *IEEE Transactions on Industrial Informatics*.

#### **José Casimiro Pereira.**

É, atualmente, assistente de 2º triénio da Escola Superior de Tecnologia de Tomar do Instituto Politécnico de Tomar. Licenciou-se em Matemática Aplicada e Computação, em 2003, e concluiu o mestrado em Gestão da Informação, em 2009, am-

bos pela Universidade de Aveiro. Encontra-se, neste momento, inscrito no doutoramento em Informática das Universidades do Minho, Aveiro e Porto (MAPI) decorrendo o seu trabalho no Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro.

É, atualmente, membro eleito do Conselho Pedagógico da Escola Superior de Tecnologia de Tomar. Os seus interesses de investigação incluem a interação multimodal e a geração automática de língua natural, com especial foco no português.

#### **José Luís Azevedo.**

É professor auxiliar do Departamento de Eletrónica Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro, onde desenvolve atividade docente e de investigação e desenvolvimento desde 1986. Doutorado em Engenharia Eletrotécnica com trabalho na área de automação industrial desenvolve, atualmente, a sua atividade no domínio da robótica móvel. Os seus atuais interesses de investigação e desenvolvimento centram-se na área dos sistemas embebidos, em especial com aplicação em robótica móvel.

#### **Luciana Albuquerque**

Obteve, em 2011, a licenciatura em Terapia da Fala e, em 2013 o mestrado em Ciências da Fala e da Audição, ambos pela Universidade de Aveiro. Atualmente desenvolve a sua atividade profissional no Aritmus – Gabinete Apoio Técnico-Pedagógico, Lda.

#### **Margarida Cerqueira.**

É professora adjunta da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro. É licenciada em Ciências da Educação pela Universidade de Coimbra, mestre em Gestão da Informação e doutorada em Ciências da Saúde pela Universidade de Aveiro. Ministra várias unidades curriculares na área da gerontologia. Os seus interesses de investigação incluem a gerontologia educacional e social, o impacto das tecnologias de informação e comunicação, nomeadamente em *Ambient Assisted Living*, na organização dos serviços sociais, na promoção do envelhecimento ativo e na funcionalidade humana. Tem algumas publicações distribuídas por livros, revistas internacionais e atas de conferências internacionais. É membro da Unidade de Investigação e Formação sobre Adultos e Idosos.

### **Miguel Oliveira e Silva.**

É professor auxiliar do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro. Obteve a licenciatura e o mestrado em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações, respetivamente em 1990 e 1994, e o doutoramento em Informática, em 2007, todos pela Universidade de Aveiro.

Os seus principais interesses de investigação incluem a área das linguagens de programação, com um enfoque especial na programação orientada por objetos, na programação concorrente, e na programação por contrato, e as tecnologias de interação multimodal.

### **Nuno Almeida.**

Terminou, em 2010, o mestrado integrado em Engenharia de Computadores e Telemática no Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

É, atualmente, bolseiro de investigação do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro no projeto S4S. Antes deste projeto foi investigador no projeto *Living Usability Lab for Next Generation Networks* no mesmo instituto.

A sua área de investigação foca-se na interação multimodal, fusão e utilização de linguagens naturais, dando maior enfoque a tecnologias relacionadas com a voz.

### **Nuno Lau.**

É professor auxiliar do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro e investigador do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro. Licenciou-se em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pela Universidade do Porto, em 1993, obteve o DEA em Engenharia Biomédica na *Université Claude Bernard - Lyon 1*, em 1994, e o doutoramento em Engenharia Eletrotécnica pela Universidade de Aveiro, em 2003. Nuno Lau é um dos coordenadores do projeto FC Portugal, equipa de futebol robótico simulado que já foi campeã do mundo 3 vezes. É também membro da equipa CAMBADA, da liga de futebol robótico da liga dos robôs médios, que também já foi campeã do mundo. Os seus interesses de investigação são principalmente nos domínios da robótica inteligente, inteligência artificial, sistemas multi-agente e simulação. Lecionou várias disciplinas em cursos de licenciatura, mestrado e doutora-

mento nas áreas de robótica inteligente, inteligência artificial distribuída, arquitetura de computadores e programação. É autor de mais de 100 publicações em revistas e conferências internacionais e participou, frequentemente com funções de coordenação global ou local, em 12 projetos de investigação financiados.

### **Osvaldo Pacheco.**

É professor auxiliar do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática e investigador do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro. Obteve a licenciatura em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações, em 1987, e o doutoramento em Engenharia Eletrotécnica, em 1996, pela Universidade de Aveiro.

Desde 2010, é Pró-reitor da Universidade de Aveiro, responsável pela Universidade Digital.

Os seus interesses de investigação incluem a extração de conhecimento de dados clínicos, aplicação das tecnologias de informação aos serviços de saúde e especificação de sistemas de informação em diversas áreas aplicacionais. Esteve envolvido em vários projetos de investigação nacionais e internacionais, orientou dissertações de mestrado e doutoramento, e é autor ou coautor de diversas publicações científicas, tais como livros, capítulos de livros, revistas e atas de conferências internacionais.

### **Paulo Bartolomeu.**

Licenciou-se em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro, em 2002, e concluiu o mestrado na mesma área, em 2005. É aluno de doutoramento em Engenharia Informática na Universidade de Aveiro, membro do grupo *Embedded Systems* do Instituto de Telecomunicações, polo de Aveiro, e colaborador da *Micro I/O - Serviços de Eletrónica, Lda*, onde desempenhou funções de Diretor de investigação, desenvolvimento e inovação e gestor da equipa da *Micro I/O* no projeto *Living Usability Lab for Next Generation Networks*. Foi também assistente convidado da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda da Universidade de Aveiro e coorientador de seis mestrados integrados em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro.

Os seus interesses de investigação focam-se em sistemas embutidos distribuídos e comunicações sem fios de curto alcance, em particular, aqueles destinados a aplicações tempo-real de segurança crítica

para a indústria e serviços. Neste âmbito, é coautor de uma patente e de mais de duas dezenas de artigos. É membro da Comissão de Programa do Simpósio de Informática *INForum*, desde 2011.

#### **Ricardo Almeida.**

Concluiu em janeiro de 2011 o mestrado integrado em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro. Em março de 2011 foi-lhe atribuída uma bolsa de investigação na Universidade de Aveiro no projeto de investigação *DHT-Mesh* sobre serviços baseados em *Dynamic Hash Tables*. Em março de 2012 integrou o projeto de investigação *MicroWire* suportado na transmissão de dados em redes de comunicação sem fios de curto alcance. Ricardo Almeida foi, entre fevereiro de 2011 e julho de 2012, colaborador da empresa *Micro I/O - Serviços de Eletrónica, Lda*, no departamento de investigação, desenvolvimento e inovação. A sua colaboração na *Micro I/O* estendeu-se aos projetos *BikeEmotion* e *Living Usability Lab for Next Generation Networks*. A sua participação nestes projetos teve como principais funções a comunicação entre dispositivos através de comunicações sem fios e o desenvolvimento de aplicações e serviços baseados na linguagem de programação *Java*.

#### **Rui Costa.**

É, desde 2002, professor adjunto da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro e docente da mesma instituição, desde 2001. Licenciou-se em Fisioterapia, em 1987, concluiu o mestrado em Sociopsicologia da Saúde, em 1991, e doutorou-se em Tecnologias em Saúde, em 2010, pela Universidade de Aveiro.

Entre 2007 e 2012 foi Diretor da licenciatura em Fisioterapia e membro do Conselho Científico da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro. Atualmente, é Diretor do mestrado em Fisioterapia e membro da Comissão Executiva da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro.

As áreas de investigação de maior interesse são a funcionalidade humana, incluindo, a avaliação, a reabilitação e o movimento humano.

Tem várias publicações revistas nacionais e internacionais, e atas de conferências.

#### **Vasco Baptista.**

Concluiu, em julho de 2011, o mestrado em Engenharia Eletrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro. Desde setembro de 2009 a início de 2011 fez parte do programa de mobilidade *Erasmus* na Polónia.

Em fevereiro de 2011 foi-lhe atribuída uma bolsa de investigação na Universidade de Aveiro no projeto *DHT-Mesh*, um projeto de investigação sobre serviços baseados em *DHT*. Entre fevereiro de 2011 e novembro de 2012 foi colaborador da empresa *Micro I/O - Serviços de Eletrónica, Lda*, contribuindo para os projetos *Living Usability Lab for Next Generation Networks*, *B-Live Wireless* e *BikeEmotion*, onde teve como função o desenvolvimento de comunicações sem fios, *hardware* e *software*.

Durante este período realizou também um estágio de acesso à Ordem dos Engenheiros, da qual é membro desde abril de 2012.

Vasco Baptista é, desde janeiro de 2013, engenheiro de *software* na empresa *Nokia Siemens Networks* em Cracóvia, Polónia, onde se encontra a trabalhar com *MBB Small Cells*, *CDMA* e *LTE*.

#### **Vítor Duarte Teixeira.**

É mestre em Engenharia de Telecomunicações e Informática pelo ISCTE – IUL. Na investigação que fez durante o seu mestrado, focou-se no estudo do impacto de sistemas de interação humano-computador multimodais no desempenho e satisfação de utilizadores idosos e utilizadores com mobilidade reduzida, com especial foco na utilização de redes sociais e soluções de comunicação mediada por computador. Os interesses de investigação incluem ainda o estudo e melhoramento da usabilidade de sistemas multimodais para ambientes móveis e *Web*. Participou em diversos projetos de investigação e desenvolvimento durante a sua colaboração com o *Microsoft Language Development Center* de 2011 a 2013, destes destacam-se: *Living Usability Lab for Next Generation Networks*, *AAL PaeLife* e *AAL4ALL*.



# Prefácio

Vasco Lagarto

---

No atual contexto português os tão falados e necessários aumentos de competitividade e inovação passam por uma mudança cultural que promova um aumento, não só da nossa eficácia e eficiência, mas também da nossa capacidade de cooperarmos uns com os outros. As Universidades, em geral, e a Universidade de Aveiro, em particular, devem assumir e ter um papel relevante nessa mudança cultural, nomeadamente através da disseminação de boas práticas e na promoção de redes de cooperação que congreguem múltiplas valências e que, acima de tudo, signifiquem mais-valias para o país e para todos os envolvidos.

Tal pressupõe transferência de conhecimento para a comunidade envolvente que só será possível se existirem ligações fortes entre os diferentes atores.

A Universidade de Aveiro procurou, desde a sua génese, estabelecer laços com a comunidade envolvente. No entanto, tendo em conta o contexto atual, é quase um desígnio nacional que a Universidade de Aveiro fortaleça tais laços e contribua ativamente para a referida mudança cultural assente em redes de cooperação que promovam a inovação e a transferência de conhecimento. Os pólos de competitividade e tecnologia, ao englobarem entidades do sistema científico,

empresas e associações do sector, têm precisamente o objectivo de promover/reforçar as ligações entre os diferentes actores. A Universidade de Aveiro, parceira ativa no pólo TICE. PT (pólo para as tecnologias da informação, comunicação e electrónica), dá precisamente o exemplo ao assumir um papel liderante no *Living Usability Lab*.

A criação do *Living Usability Lab* pode contribuir para o referido desígnio nacional. Em linha com as tendências europeias, o LUL pode potenciar sinergias, massa crítica e um ponto de encontro de *stakeholders* interessados no desenvolvimento de serviços *Ambient Assisted Living* como resposta a necessidades de uma população cada vez mais envelhecida e, conseqüentemente, como uma oportunidade para novos mercados internacionais.

O presente livro, baseado nos resultados desta 'primeira fase' do projecto, mostra como o trabalho em consórcio, envolvendo empresas (pequenas, grandes e mesmo multinacionais) e entidades do sistema científico, reforça a nossa (portuguesa) capacidade de, não só imaginar, mas também de concretizar e fazer! Mostra também como a tecnologia, devidamente adaptada às nossas necessidades, nos pode proporcionar um futuro melhor!... mas para que tal aconteça, é necessário que se comece já!...



# Prefácio

Miguel Sales Dias

---

A população portuguesa está a envelhecer, em linha com uma evolução semelhante que se verifica na Europa. Este facto é o resultado natural de desequilíbrios socioeconómicos observados na nossa sociedade e mesmo no contexto Europeu, com especial incidência na fase do pós-guerra. No nosso caso, os dados dos censos de 1960, 2000 e 2010, mostram um crescimento linear da percentagem de população idosa na população total, que era de 8,0% em 1960, atingiu 19,0% em 2011 e se prevê que seja 32,3% em 2060. Conscientes destes dados observáveis, que por si só antevêm uma grande pressão económica e financeira nos sistemas públicos e privados de saúde e segurança social, o Conselho Europeu e o Parlamento Europeu, aprovaram em Junho de 2008 a criação do programa conjunto *Assisted Living Joint Programme* (AAL JP) com 23 países Europeus, entre os quais Portugal. Este programa, conhecedor da realidade atrás enunciada, visa a melhoria contínua das condições e qualidade de vida da população idosa, através da adoção e utilização de novas soluções e Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) que favoreçam o envelhecimento ativo.

Esta iniciativa na área do *Ambient Assisted Living* (AAL), mostra duas coisas. Em primeiro lugar, que este tema é muito atual e que corresponde a uma preocupação central da política Europeia, consciente das mudan-

ças que terão inevitavelmente de ocorrer para os sistemas de saúde e segurança social, para a indústria e para os cidadãos. Em segundo lugar, que se advogam soluções TIC, a par dos correspondentes fatores humanos, desenvolvidas e integradas no contexto da colaboração Europeia, como resposta ao desafio do envelhecimento da população Europeia.

Em Portugal, desde 2009, diversas iniciativas, nomeadamente o TICE.PT, no quadro das Estratégias de Eficiência Coletiva do Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN), ou os projetos colaborativos *Living Usability Lab for Next Generation Networks e Ambient Assisted Living for All* (AAL4ALL), ambos no âmbito do Compete – Programa Operacional Fatores de Competitividade do QREN, têm criado as condições favoráveis para o desenvolvimento da área multidisciplinar de AAL. Esse desenvolvimento tem conseguido não só a consolidação e o incremento de um ecossistema de empresas nacionais que desenvolvem tecnologias e serviços neste domínio, como tem cimentado o estabelecimento do AAL como um domínio científico de excelência em diversos departamentos e unidades de investigação das universidades Portuguesas, nos contextos do ensino e da investigação científica, como é especialmente o caso da Universidade de Aveiro.

Faltava naturalmente, em todo este contexto favorável ao desenvolvimento do AAL

em Portugal e nas comunidades internacionais de língua Portuguesa, um livro de referência sobre esta temática e é essa mesma lacuna que Laboratório Vivo de Usabilidade - *Living Usability Lab* vem colmatar. Ao longo dos seus 16 capítulos estruturados em 4 partes, os autores começam por enquadrar o problema do envelhecimento demográfico e do envelhecimento ativo, realçando a importância das TIC neste contexto. Os fundamentos teóricos e conceptuais de AAL, os padrões internacionais aplicáveis, incluindo normas ISO, não são esquecidos na parte 2, onde se introduz também o conceito de Laboratório Vivo de Usabilidade, um laboratório focado no desenvolvimento, nos fatores humanos e na avaliação da usabilidade de sistemas e serviços AAL. A concretização real dos

princípios teóricos em arquiteturas lógicas e físicas, bem como em tecnologias e serviços AAL, são temas da parte 3, onde se estabelecem também as metodologias de operação de um *living lab* que favorecem o envolvimento contínuo de todas as partes interessadas no desenvolvimento de tecnologias e serviços inovadores AAL.

Esta obra, muito completa, rigorosa e de agradável leitura, é ideal para todos aqueles que pretendam ser introduzidos nas temáticas do AAL e da avaliação da usabilidade de soluções tecnológicas e serviços nesse contexto, sendo muito apropriado como texto de referência de cursos de ensino superior universitário de 2º e 3º ciclos ou similar, quer em Portugal, quer no universo dos países de língua oficial portuguesa.

# Índice

## PARTE 1 - ENQUADRAMENTO

<b>Enquadramento</b> .....	3
<i>Introdução</i> .....	3
<i>Ambient Assisted Living</i> .....	4
<i>Usabilidade</i> .....	5
<i>Living Usability Lab</i> .....	9
<i>Estrutura do Livro</i> .....	11
<b>Envelhecimento Demográfico</b> .....	15
<i>Introdução</i> .....	15
<i>O Envelhecimento Demográfico</i> .....	15
<i>Impactos Socioeconómicos</i> .....	17
<i>Conclusão</i> .....	21
<b>Envelhecimento Ativo</b> .....	25
<i>Introdução</i> .....	25
<i>Evolução do Conceito Envelhecimento Ativo</i> .....	27
<i>Conceito Envelhecimento Ativo Atual</i> .....	31
<i>Estratégias de Promoção do Envelhecimento Ativo</i> .....	33
<i>O Envelhecimento Ativo em Portugal</i> .....	41
<i>Conclusão</i> .....	42
<b>A Importância das Tecnologias</b> .....	47
<i>Introdução</i> .....	47
<i>Desafios</i> .....	48
<i>As Tecnologias na Prestação de Cuidados de Saúde</i> .....	49
<i>As Tecnologias e a Deficiência</i> .....	54
<i>As Tecnologias e o Apoio Remoto a Pessoas Idosas</i> .....	57
<i>Conclusão</i> .....	59

PARTE 2 - **PERSPETIVA CONCEPTUAL**

<b>Avaliação de Usabilidade</b> .....	65
<i>Introdução</i> .....	65
<i>Usabilidade</i> .....	66
<i>Metodologias de Avaliação de Usabilidade</i> .....	67
<i>Conclusão</i> .....	73
<b>Ambient Assisted Living</b> .....	75
<i>Introdução</i> .....	75
<i>Métodos</i> .....	76
<i>Resultados</i> .....	77
<i>Discussão</i> .....	80
<b>Um Modelo Conceptual para o Ambient Assisted Living</b> .....	89
<i>Introdução</i> .....	89
<i>Funcionalidade, Incapacidade e Saúde</i> .....	90
<i>Proposta</i> .....	92
<i>Conclusão</i> .....	98
<b>Ecossistema Living Usability Lab</b> .....	101
<i>Introdução</i> .....	101
<i>Sistemas e Serviços Ambient Assisted Living</i> .....	101
<i>Requisitos de Interação</i> .....	103
<i>Metodologias Living Lab</i> .....	105
<i>Visão Geral do Living Usability Lab</i> .....	106
<i>Conclusão</i> .....	119

PARTE 3 - **IMPLEMENTAÇÃO**

<b>Arquitetura de Desenvolvimento</b> .....	123
<i>Introdução</i> .....	123
<i>Modelos Arquiteturais de Referência</i> .....	124
<i>Arquiteturas Ambient Assisted Living Relevantes</i> .....	130
<i>Arquitetura de Desenvolvimento Living Usability Lab</i> .....	133
<i>Resultados de Utilização</i> .....	138
<i>Conclusão</i> .....	139
<b>Infraestrutura Lógica e Física</b> .....	141
<i>Introdução</i> .....	141
<i>Rede Geral</i> .....	141
<i>Rede Local</i> .....	142
<i>Home Gateway</i> .....	143
<i>Instanciação</i> .....	148
<i>Conclusão</i> .....	150
<i>Agradecimentos</i> .....	150

<b>Serviços de Suporte à Interação Multimodal</b> .....	151
<i>Introdução</i> .....	151
<i>Objetivos</i> .....	153
<i>Arquitetura</i> .....	154
<i>Principais Serviços Desenvolvidos</i> .....	157
<i>Exemplos de Utilização</i> .....	162
<i>Conclusão</i> .....	163
<i>Agradecimentos</i> .....	164
<b>Tecnologias de Fala para Pessoas Idosas</b> .....	167
<i>Introdução</i> .....	167
<i>Envelhecimento do Aparelho Fonador</i> .....	169
<i>Análise Acústica da Fala de Pessoas Idosas</i> .....	172
<i>Corpus de Fala de Pessoas Idosas para o Português Europeu</i> .....	174
<i>Conclusão</i> .....	179
<b>Robô de Assistência no Domicílio</b> .....	183
<i>Introdução</i> .....	183
<i>Robôs de Serviço para Assistência Doméstica</i> .....	184
<i>Arquitetura do Sistema Robótico</i> .....	187
<i>Resultados</i> .....	194
<i>Conclusão</i> .....	197
<b>TeleReabilitação: Uma Instanciação</b> .....	201
<i>Introdução</i> .....	201
<i>Enquadramento</i> .....	202
<i>O Serviço TeleReabilitação com Interação Multimodal</i> .....	204
<i>Descrição do Protótipo</i> .....	207
<i>Conclusão</i> .....	212
<b>Metodologia Living Usability Lab</b> .....	215
<i>Introdução</i> .....	215
<i>Ciclos de Desenvolvimento de Sistemas</i> .....	216
<i>Perspetiva Metodológica Living Lab</i> .....	217
<i>Métodos</i> .....	218
<i>Processos</i> .....	221
<i>Sistemas e Serviços Ambient Assisted Living</i> .....	223
<i>Conclusão</i> .....	232
<b>PARTE 4 - PERSPETIVAS FUTURAS</b>	
<b>Perspetivas Futuras</b> .....	237
<i>Desafios</i> .....	237
<i>O Papel do Ambient Assisted Living</i> .....	238
<i>Trabalho Futuro</i> .....	239
<i>Conclusão</i> .....	240
<b>Índice Remissivo</b> .....	244



**PARTE 1**

# Enquadramento



## Enquadramento

Nelson Pacheco da Rocha<sup>1,4</sup>, António Teixeira<sup>2,4</sup>, Alexandra Queirós<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Secção Autónoma de Ciências da Saúde, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>4</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

### Introdução

O envelhecimento da população mundial é, simultaneamente, um sinal e um resultado de desenvolvimento socioeconómico desequilibrado. O progressivo envelhecimento da sociedade contemporânea, com o contínuo aumento da população idosa, em termos absolutos e proporcionais, é um efeito visível de abordagens setoriais em detrimento de políticas de desenvolvimento socioeconómico integrado e sustentado.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) argumenta que os países podem garantir a sustentabilidade socioeconómica, se as organizações internacionais, os governos nacionais e a sociedade civil promoverem políticas e programas de envelhecimento ativo. Por ativo entende-se a participação contínua das pessoas idosas nas questões espirituais, culturais, cívicas e socioeconómicas, e não apenas a capacidade de estarem fisicamente ativas ou de participarem na força de trabalho [1].

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) podem ter um papel importante no envelhecimento ativo, nomeadamente para promoverem as atividades e a participação das pessoas idosas, para reorganizarem e otimizarem a prestação de cuidados de saúde e de âmbito social ou para a disseminação de informação e boas práticas.

Novos sistemas e serviços baseados em TIC apresentam o potencial de promoverem a inclusão de grupos e localidades desfavorecidos (por exemplo, pessoas idosas, pessoas com poucas competências, zonas rurais ou periféricas), a evolução para uma sociedade sem classes (acesso transparente a oportunidades universalmente disponíveis), a consolidação da democracia (por exemplo, através de medidas de descentralização) e o incremento da responsabilidade e liberdade de escolha, para que todos os cidadãos contribuam e participem na sociedade em rede.

Paradoxalmente, novos sistemas e serviços baseados em TIC apresentam também o perigo de promoverem uma sociedade divi-

dida (aumentando o controlo, o secretismo ou a vigilância), diminuam a democracia (centralizando o poder) e generalizem a dependência através da diminuição do sentido de responsabilidade. Assim, caso não existam as devidas cautelas, as TIC podem incrementar o fosso entre as classes favorecidas e as classes menos favorecidas, porque aqueles que têm mais recursos e são mais competentes na utilização das TIC terão um acesso mais facilitado aos novos sistemas e serviços, tornando-se os grandes beneficiários enquanto outros, com menos recursos e menos competências, poderão ser marginalizados e excluídos (*digital divide*). Em particular, não nos podemos esquecer que as pessoas idosas pertencem aos setores populacionais que menos rendimentos têm para investir em infraestruturas, serviços ou bens.

Esta é uma questão de importância estratégica no projeto de novos sistemas e serviços [2]. Para isso é necessária uma boa compreensão de como estes podem ser utilizados, dos contextos organizacionais, culturais, sociais e económicos, e das barreiras potenciais para ser possível definir as contramedidas estratégicas por forma a maximizar a integração social, a inclusão e a equidade, sem sacrificar o desenvolvimento económico, o emprego e a competitividade.

### **Ambient Assisted Living**

Considerando o objetivo macro de mobilizar todo o potencial de todas as pessoas, independentemente das suas idades, e o facto de o envelhecimento da população poder ser visto como uma oportunidade para novos mercados de sistemas, serviços ou bens que respondam a necessidades emergentes e para a implementação de estratégias globais relacionadas com o envelhecimento, ao invés de estratégias setoriais, a União Europeia (UE)

e diversos Estados-Membros tomaram a iniciativa (julho de 2008) de criar um programa comum de investigação e desenvolvimento na área do *Ambient Assisted Living* (AAL) [3]. Pretendia-se com o referido programa a obtenção de sinergias e massa crítica, nomeadamente em termos de recursos humanos e económicos.

Assim, o AAL representa, atualmente, um esforço considerável de investigação e desenvolvimento, por parte da Comissão Europeia, Estados-Membros, centros de investigação e desenvolvimento, e parceiros industriais no sentido de proporcionarem uma resposta tecnológica adequada aos desafios do envelhecimento da sociedade contemporânea. O domínio do AAL compreende um campo heterogéneo de aplicações que vão desde dispositivos bastante simples, como dispensadores de medicamentos inteligentes ou sensores diversificados, até sistemas complexos que oferecem uma panóplia de serviços interativos em rede.

Independentemente da qualidade das soluções tecnológicas, o sucesso dos sistemas e serviços AAL está dependente do seu grau de aceitação pelos potenciais utilizadores finais, nomeadamente a nível da facilidade de acesso e da utilidade efetiva. Por isso é importante avaliar o seu impacto na reorganização dos serviços da sociedade contemporânea, em particular a nível da prestação de cuidados de saúde e de âmbito social [4].

Os sistemas de prestação de cuidados de saúde e de âmbito social da maioria dos países europeus têm uma enorme diversidade em termos de modelos de financiamento e organizacionais, regulamentação das profissões, distribuição geográfica e utilização de sistemas e serviços baseados em TIC. No entanto, a existência de uma grande fragmentação na prestação de cuidados é uma característica comum aos atuais sistemas de saúde e de segurança social, o que, con-

sequestramente, implica elos frágeis entre os diferentes níveis da prestação de cuidados. Adicionalmente, as múltiplas instituições envolvidas na prestação de cuidados são, por vezes, tutelados por organismos diferentes como, por exemplo, o Ministério da Saúde ou o Ministério da Solidariedade e Segurança Social.

Adicionalmente, a pessoa idosa tem múltiplas necessidades e precisa do apoio de variados serviços de saúde e de âmbito social. O desenvolvimento de sistemas e serviços AAL para apoio à população idosa pressupõe, para além das próprias pessoas idosas, um conjunto de utilizadores diversificado (por exemplo, prestadores de cuidados formais ou informais), tarefas muito variadas, diferentes contextos de utilização e diferentes plataformas tecnológicas.

O desenvolvimento de sistemas e serviços AAL não deve ser encarado meramente sob ponto de vista tecnológico. É preciso considerá-lo no contexto da integração e continuidade de cuidados e inseridos num ecossistema extremamente complexo.

Soluções AAL eficazes devem combinar as mais-valias tecnológicas com os serviços de cuidados de saúde e de âmbito social, a cargo de prestadores de cuidados quer formais quer informais, até porque, apesar de as soluções tecnológicas poderem ter um papel importante, certos serviços, tal como acontece com as relações de afeto, o prestador humano não pode ser substituído pela tecnologia (por exemplo, higiene, cuidados pessoais, preparação de refeições ou acompanhamento em deslocações).

Sob o ponto de vista de desenvolvimento, em particular de sistemas e serviços inovadores e que se pretendem fraturantes como é o caso das soluções AAL, são necessárias metodologias que envolvam todas as partes interessadas (*stakeholders*), não apenas quem desenvolve, mas também os

futuros utilizadores dos novos sistemas e serviços, os prestadores de cuidados formais e informais, as instituições assistenciais, os centros de ensino e investigação, as agências financiadoras, as entidades governamentais e locais ou a indústria.

Por último, é preciso promover a participação dos cidadãos nas tomadas de decisão. A vontade dos cidadãos deve ser sempre considerada como um dos elementos principais no desenvolvimento de novos sistemas e serviços e na reestruturação dos já existentes. Por exemplo, se quem está a desenvolver e a trabalhar em determinada instituição possui o saber fazer necessário para melhorar os procedimentos que levarão a uma melhor prestação de serviços, quem utiliza os serviços também tem capacidades semelhantes, pois sente o que corre mal. Ao envolver todos os intervenientes está-se a garantir uma redução da taxa de resistência a eventuais alterações, pois todos os envolvidos fazem parte desse processo de mudança.

## Usabilidade

A combinação de fatores tecnológicos como a diversificação do equipamento terminal, a representação da informação em formato digital, o aumento da largura de banda das redes de comunicação ou o fomento da interatividade (utilizador-sistema e utilizador-utilizador) veio abrir novos horizontes em termos de riqueza das aplicações disponíveis.

O grau de adequação dos sistemas e serviços baseados em TIC depende não só da qualidade das aplicações, do equipamento terminal e das infraestruturas de comunicação, mas também da qualidade da usabilidade.

Na investigação relacionada com a usabilidade, em que se procura reduzir ao mínimo

o esforço dos utilizadores e, simultaneamente, providenciar um variado leque de funções, está a ter impacto um conjunto alargado de tendências resultantes de diversos desenvolvimentos tecnológicos, nomeadamente [5]:

- Aumento da capacidade das infraestruturas de comunicação.
- Vulgarização das comunicações sem fios.
- Integração de multimédia, multimodalidade e mobilidade.
- Aumento maciço do poder de cálculo e incremento do uso de tecnologias que permitem a miniaturização do equipamento terminal.
- Crescente importância de dispositivos portáteis que combinam múltiplas funções (por exemplo, cálculo, comunicação telefónica ou acesso à rede *Internet*).
- Interações personalizadas com diferentes sistemas e serviços em diferentes contextos, o que facilita a mobilidade pessoal.
- Libertação gradual do ecrã e do teclado substituídos por formas alternativas de interação.
- Avanços em áreas como a linguística computacional, a representação de conhecimento, a visão artificial e a inteligência artificial, entre outras, que têm impacto na naturalidade das interações entre as pessoas e os sistemas.
- Desenvolvimento de métodos adequados de reconhecimento de voz, de *interfaces* ativadas por voz e algoritmos de síntese de voz de qualidade.
- Mecanismos de apresentação tridimensionais.
- Introdução de agentes (que podem ser programados por forma a refletirem as preferências dos utilizadores) e ferramentas de gestão do conhecimento sensíveis ao contexto que podem possibilitar o aparecimento de dispositivos capazes de apreenderem os comportamentos

dos utilizadores para adequarem as suas respostas como, por exemplo, disponibilizando sinais de alerta associados às tarefas que estão a ser executadas.

Diversos esforços de investigação levaram à definição de princípios que, se forem seguidos, implicarão um decréscimo de problemas enfrentados pelos utilizadores. Por exemplo, *Mayhew* [6] refere 16 princípios de usabilidade para a conceção e desenho de *interfaces* acessíveis: compatibilidade com os utilizadores, compatibilidade entre produtos, compatibilidade com as tarefas, compatibilidade com os fluxos de trabalho, consistência, familiaridade, simplicidade, manipulação direta, *What You See Is What You Get* (WYSIWYG), controlo, flexibilidade, *feedback*, tecnologia invisível, robustez, proteção, facilidade de aprendizagem e utilização.

A norma ISO 9241-210 [7] providencia um conjunto de orientações para as atividades de análise, especificação e implementação associadas às diferentes fases do ciclo de desenvolvimento de sistemas interativos. Descreve o projeto centrado no utilizador como uma atividade multidisciplinar que incorpora fatores humanos e conhecimentos e técnicas de ergonomia com o objetivo de aumentar a eficiência da gestão da interação, melhorando as condições de trabalho e antevendo possíveis efeitos adversos em termos de desempenho, segurança e saúde.

### Diversidade na Interação

Tradicionalmente os utilizadores das TIC têm sido modelados de uma forma segmentada. Por exemplo, a pessoa com deficiência pode ser considerada que tem uma deficiência visual, uma deficiência auditiva, uma deficiência a nível dos membros inferiores, uma deficiência a nível dos membros supe-

riores ou uma deficiência na linguagem. Esta visão é simplista porque não considera, nomeadamente, a experiência pessoal de cada um e o contexto concreto de utilização.

De uma forma integrada é preciso entrar em linha de conta com a diversidade multi-dimensional dos utilizadores, a natureza das tarefas, o contexto de utilização e as plataformas tecnológicas.

Em termos de diversidade de utilizadores existem situações contrastantes como, por exemplo, pessoas jovens versus pessoas idosas, utilizadores profissionais versus utilizadores residenciais, utilizadores frequentes versus utilizadores esporádicos ou utilizadores sem deficiência versus utilizadores com deficiência. Os utilizadores apresentam diferenças individuais devido a fatores fisiológicos e anatómicos (por exemplo, género, dominância cerebral, visão, audição, mobilidade ou motricidade), fatores psicológicos, difíceis de categorizar e quantificar (por exemplo, estilo cognitivo, aptidão, motivação, atenção ou concentração), e fatores culturais e ambientais (por exemplo, idioma, etnia ou cultura).

Acresce-se que os indivíduos são naturalmente versáteis. Em particular, as estruturas do conhecimento podem ser alteradas em minutos, através de uma observação, uma leitura ou uma simples conversa. Por outro lado, um indivíduo pode, ao longo do tempo, variar o seu processamento cognitivo escolhendo as estratégias adequadas, as quais podem ser aprendidas ou desenvolvidas para a realização de tarefas concretas. Finalmente, é preciso considerar que tanto as faculdades físicas como as psicológicas alteram-se com a idade segundo um processo de envelhecimento que varia de indivíduo para indivíduo e que depende de fatores como década de nascimento, condições gerais de saúde, nutrição, exercício físico, trabalho ou condições sociais ao longo da vida.

A natureza das tarefas é, naturalmente, diversificada. Por exemplo, atividades profissionais, atividades recreativas, ou atividades com maior ou menor exigência em termos de participação colaborativa, grau de urgência ou imunidade a erros. Por outro lado, novas realidades suportadas em soluções tecnológicas aumentam a capacidade humana para a resolução de problemas, mas introduzem também novas dificuldades.

Adicionalmente, os contextos de utilização são muito variados e difíceis de caracterizar (por exemplo, escritório, laboratório, local fabril ou uso nómada) assim como existe uma multiplicidade de dispositivos terminais (por exemplo, computadores pessoais, quiosques de informação, dispositivos móveis ou assistentes pessoais) e de infraestruturas de comunicação.

Finalmente, é preciso considerar um conjunto diversificado de barreiras, nomeadamente, fatores socioculturais (por exemplo, falta de informação ou falta de consciencialização devido a uma inadequação cultural ou linguística), fatores tecnológicos (em particular, falta de equipamento terminal ou falta de infraestruturas de comunicação) ou fatores de económicos (por exemplo, custos dos equipamentos, dos serviços de comunicação ou da formação) e ainda barreiras físicas, que se podem tornar inultrapassáveis devido ao inevitável processo de envelhecimento.

Muitos dos processos críticos em todos os setores da sociedade contemporânea estão apoiados em sistemas de informação e essa dependência tenderá a aumentar. Em termos políticos, para além da resolução de problemas de confiança, segurança e privacidade, o que exige a existência de comunicações tecnicamente seguras, é preciso garantir o acesso equitativo às facilidades tecnológicas e que todos desenvolvam capacidades e competências que permitam o acesso à

sociedade em rede e, conseqüentemente, a equidade nas oportunidades de vida e na participação social.

Assim, existe uma grande variedade de recursos, capacidades, competências, aptidões, dificuldades sensoriais e físicas, preferências, experiências e formações culturais. Um utilizador só é um utilizador quando inserido num contexto particular constituído, na maioria das vezes, por uma rede organizacional e socioeconómica complexa.

No desenvolvimento de sistemas e serviços AAL é necessário considerar todas estas dimensões de diversidade, de forma a assegurar que os requisitos dos utilizadores sejam satisfeitos. Os sistemas e serviços necessitam de ser adaptáveis a uma ampla gama de requisitos e, adicionalmente, necessitam de ter em conta que tais requisitos variam com o tempo. Tal implica novos constrangimentos e, conseqüentemente, novos desafios para a gestão da interação com os utilizadores. Os sistemas projetados para trabalhar em todas estas situações precisam de ter uma gestão da interação flexível para se adaptarem a contextos diferentes, até mesmo para um único indivíduo, ao longo de um único dia, para a realização de uma única tarefa. Por exemplo, a gestão da interação deve ser eficiente quando o utilizador estiver sentado a uma secretária, mas também quando estiver a participar numa reunião ou sentado numa cadeira de repouso.

Perante o que foi enunciado, a gestão da interação tem que ter um elevado grau de variabilidade (por exemplo, a nível dos estilos de diálogo, metáforas, sequências de interação ou dispositivos utilizados) que a torne capaz de ser facilmente configurável e de se alterar durante a interação com os utilizadores [2]:

- Adaptação - Configuração de acordo com os requisitos iniciais da interação, quando estes estiverem disponíveis.

- Adaptabilidade - Derivação de conhecimento adicional acerca dos utilizadores e dos contextos de utilização e uso de tal conhecimento para melhorar a adequação aos requisitos de interação revistos.

O conceito adaptabilidade é mais ambicioso do que o conceito adaptação, porquanto implica a cooperação dinâmica dos sistemas de forma a moldarem-se aos hábitos de interação dos utilizadores.

### Projeto Universal

Dado que qualquer escolha limitada, em termos de dispositivos e estilos de interação, marginaliza um número considerável de pessoas (por exemplo, as pessoas com deficiência visual relativamente ao aparecimento das *interfaces* gráficas), é claramente necessário que, em simultâneo com o desenvolvimento de novos sistemas e serviços, os projetistas considerem as possíveis implicações da sua utilização por todas as pessoas. É preciso ter em conta que o não acesso a bens de consumo pode não conduzir a privações sérias, mas o não acesso a sistemas e serviços de informação está a tornar-se tão debilitador como, por exemplo, a imobilidade física.

O projeto universal (*design for all*) [8] advoga aproximações genéricas pró-ativas, nomeadamente [9]:

- Focar todas as pessoas e não apenas grupos populacionais específicos como, por exemplo, pessoas idosas.
- Projetar sistemas, serviços ou bens que podem ser adaptados a um maior número possível de utilizadores e não como uma única solução adequada para todos os utilizadores.
- Eliminar, tendencialmente, a necessidade de mecanismos especiais, mas permitir a individualização dos utilizadores finais.

- Providenciar mecanismos de interação capazes de, automaticamente, selecionarem e aplicarem a solução mais adequada para cada caso particular.

O projeto universal pode implicar um aumento considerável do custo associado ao desenvolvimento de mecanismos de gestão da interação. A sua viabilidade passa pela existência de soluções reutilizáveis. Em particular, a nível dos requisitos dos utilizadores é necessária a formalização de princípios para o projeto de sistemas de acesso público em que as características relevantes sejam organizadas de uma forma que identifique tanto a necessidade como o potencial custo [10], nomeadamente, comum ou rara (consoante a característica ocorre frequentemente ou é uma característica rara), fixa ou alterável (consoante a característica é inalterável - por exemplo, cegueira congénita - ou é alterável - por exemplo, as aptidões necessárias para a interação com um determinado sistema). Em particular, as soluções que forem identificadas como adequadas para as características mais comuns e menos alteráveis poderão tornar-se normas e, conseqüentemente, facilmente reutilizáveis.

### Living Usability Lab

A abordagem metodológica *living lab* representa uma perspetiva inovadora em que durante todas as fases de desenvolvimento de sistemas e serviços há uma participação ativa das diferentes partes interessadas, incluindo os potenciais utilizadores finais [11].

Em finais de 2008 e princípios de 2009, desabrochou, na Universidade de Aveiro, a ideia de criação de um *living lab* dedicado à gestão da interação de sistemas e serviços para populações idosas, através da participação de investigadores do Instituto de Engenharia

Elétrica e Telemática de Aveiro, do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, da Secção Autónoma de Ciências da Saúde e da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro. Simultaneamente, a Universidade de Aveiro e um conjunto alargado de parceiros consolidava uma proposta de criação de um pólo de competitividade tecnológica.

No âmbito das Estratégias de Eficiência Coletiva do Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN), foi formalmente reconhecido, pelo XVII Governo Constitucional, em agosto de 2009, o Pólo das Tecnologias de Informação, Comunicação e Eletrónica (TICES.PT) com sede em Aveiro. Pretendia-se, na altura, construir uma plataforma de concertação que envolvesse e mobilizasse um conjunto alargado de atores para os processos de investigação, inovação, formação avançada, transferência de conhecimento, desenvolvimento, produção e comercialização de sistemas, serviços ou bens baseados nas tecnologias de informação, comunicação e eletrónica em múltiplas áreas: eficiência energética e ambiente sustentável, educação, formação e qualificação, eficiência organizacional, saúde e qualidade de vida, administração pública, mobilidade, cultura e lazer, internacionalização e *Internet* do futuro.

O entendimento entre os mentores do *living lab* e a direção do TICES.PT potenciou a sistematização de um plano de implementação que foi, oportunamente, apresentado ao *Microsoft Language Development Center*, o centro de investigação e desenvolvimento da Microsoft Portugal. Tal veio a permitir a formulação da proposta *Living Usability Lab for Next Generation Networks* ao Compete - Programa Operacional Fatores de Competitividade do QREN. A referida proposta tinha como principal objetivo a criação de um *Living Usability Lab* (LUL) que permitisse,

de uma forma sustentada, e envolvendo os potenciais utilizadores finais, o desenvolvimento, integração e avaliação de sistemas e serviços (em princípio, destinados a pessoas idosas, mas não só) com elevados requisitos de interação, como é o caso dos sistemas e serviços AAL.

O LUL, desde a sua formulação inicial, pretendeu responder à realidade de que todos temos necessidades especiais, para o que são necessárias tecnologias de base, sistemas e serviços na área do projeto universal. Assim, o LUL deveria integrar um núcleo de tecnologias que pudessem ser o suporte de investigação de translação no âmbito de projetos específicos que advogassem o projeto universal.

Para tornar possível o conceito projeto universal é necessário investigar, desenvolver, integrar, avaliar e entender diversas tecnologias, contemplando, entre outros, o nível do dispositivo de *interface* (por exemplo, captura de voz), do agente integrador das formas de interação (por exemplo, robôs assistentes), do sistema de gestão de conhecimento ou das infraestruturas de comunicação, em contextos muito heterogéneos.

No âmbito dos propósitos do LUL, este desejo devia refletir-se, em primeiro lugar, na criação de tecnologias de interação multimodais, universais e com capacidades internas de adaptação, modelação dos utilizadores, gestão de conhecimento e gestão da interação. Com tais funções seria possível criar mecanismos de interação adaptáveis e adaptativos, entrando em conta com as características dos utilizadores, das tarefas que realizam, dos contextos onde se inserem e das infraestruturas tecnológicas que utilizam.

Em segundo lugar, pretendia-se lidar com as questões de interação através do desenvolvimento de tecnologias de suporte capazes de se adaptarem, de uma forma contínua, a determinadas especificidades [12,

13]. Tal previa a utilização de dispositivos de monitorização que pudessem assumir, por exemplo, a forma de redes de sensores, sistemas de análise de imagens vídeo, garantindo, no entanto, a privacidade da informação resultante.

Um terceiro objetivo fundacional do LUL era o da criação de condições para validar e avaliar os vários componentes do esforço de desenvolvimento em aplicações concretas. Assim, a conceção de metodologias para a captura dos requisitos dos utilizadores finais, para a promoção do envolvimento destes e doutras partes interessadas e para a avaliação dos diferentes sistemas e serviços desenvolvidos, foi outro dos objetivos considerados.

Por último, mas não menos importante, era também objetivo implícito da proposta de criação do LUL contribuir para a conceção de quadros de referência que permitam a normalização de princípios, orientações e recomendações com base no conhecimento das necessidades dos utilizadores, dos mecanismos críticos para a qualidade dos sistemas e serviços, dos paradigmas de interação ou das plataformas de especificação e desenvolvimento.

Subjacente à proposta *Living Usability Lab for Next Generation Networks* foi constituído um consórcio, liderado pelo *Microsoft Language Development Center*, que contou com universidades, institutos de investigação e empresas com vocação para a investigação e desenvolvimento:

- Universidade de Aveiro.
- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Instituto de Engenharia Electrónica e Telemática de Aveiro.
- Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores - Porto.
- *Micro I/O* - Serviços de Electrónica, Lda.
- *PLUX Wireless Biosignals SA*.

Adicionalmente, o projeto foi apoiado pela Santa Casa da Misericórdia de Oliveira do Bairro, pelo Centro Medicina de Reabilitação da Região Centro - Rovisco Pais, pelo Hospital Infante D. Pedro e por mais de duas dezenas de universidades seniores.

O projeto *Living Usability Lab for Next Generation Networks*, decorreu de janeiro de 2010 a junho de 2012. O presente livro pretende apresentar o trabalho fundamentalmente realizado pelos docentes e investigadores da Universidade de Aveiro envolvidos no referido projeto, o qual se traduziu na materialização do LUL.

## Estrutura do Livro

O presente livro é constituído por quatro partes distintas.

A primeira parte, *Enquadramento*, para além do presente capítulo é constituída por outros três capítulos: *Envelhecimento Demográfico*; *Envelhecimento Ativo*; e *A Importância das Tecnologias*.

No capítulo *Envelhecimento Demográfico* faz-se uma análise do envelhecimento populacional da sociedade contemporânea e tecem-se alguns comentários sobre o seu impacto em termos de desenvolvimento económico, sistemas de saúde, segurança social e educação, e estruturas familiares. Em termos de conclusão, realça-se o papel dos avanços tecnológicos.

O capítulo *Envelhecimento Ativo* começa por analisar como o modelo de pessoa idosa é definido pela sociedade, a qual atribui ao processo de envelhecimento e à vivência da velhice estatutos, regras de comportamento a adotar e quais as oportunidades de participação.

Inicialmente associado ao processo biológico e restrito à esfera familiar, o enfoque do envelhecimento passou a incidir na otimi-

zação das condições de vida dos indivíduos, passível de modulação através da intervenção institucional e de forma precoce. Assim, no capítulo é analisado o conceito envelhecimento ativo que resulta de um discurso, vigente nas últimas duas décadas, baseado em conceitos como saúde, independência e autonomia, aliados a sistemas resultantes de inovação tecnológica.

As TIC têm uma enorme influência na forma como vivemos e como nos relacionamos. No domínio da prestação de cuidados elas são uma realidade do quotidiano e têm sido encaradas como determinantes para a mudança e monitorização dos procedimentos de gestão a para otimizarem o relacionamento entre serviços, prestadores de cuidados e utentes.

No capítulo *A Importância das Tecnologias* analisa-se a aplicação das TIC a nível da prestação de cuidados de saúde e de âmbito social, em particular o impacto que podem ter nos serviços de apoio à pessoa idosa e na facilitação das suas atividades e participação.

A segunda parte, *Perspetiva Conceptual* pretende conceptualizar os modelos subjacentes à implementação do LUL e é constituído por dois capítulos de revisão, *Avaliação de Usabilidade* e *Ambient Assisted Living*, e dois capítulos conceptuais, *Um Modelo Conceptual para o Ambient Assisted Living* e *Ecosystema Living Usability Lab*.

As questões relacionadas com a usabilidade têm uma grande importância no âmbito do LUL. O capítulo *Avaliação de Usabilidade* apresenta a evolução do conceito usabilidade ao longo dos últimos anos e introduz o projeto centrado no utilizador, para o qual são necessárias metodologias iterativas que entrem em consideração com os requisitos dos utilizadores finais nos ciclos de desenvolvimento de sistemas.

Adicionalmente, também são apresentadas as metodologias relevantes de avaliação

de usabilidade, resultantes de três décadas de investigação e prática, agrupadas em métodos analíticos e métodos empíricos.

O capítulo *Ambient Assisted Living* resulta de uma revisão sistemática da literatura existente sobre AAL. Os artigos revisitos foram classificados em sete áreas: artigos conceituais, arquiteturas e *frameworks*, segurança e privacidade, dispositivos físicos, sensibilidade ao contexto (*context awareness*), interação com os utilizadores e sistemas.

Os resultados da revisão sistemática demonstram a necessidade de se promover o desenvolvimento centrado nos utilizadores de sistemas e serviços AAL e melhorar a integração e interoperabilidade das tecnologias existentes, nomeadamente através da definição de normas que estimulem oportunidades de negócio na área do AAL.

Tendo em conta que são necessárias abordagens holísticas para o projeto e desenvolvimento de sistemas e serviços AAL, o capítulo *Um Modelo Conceptual para o Ambient Assisted Living* apresenta um modelo abrangente e multidimensional baseado na Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) [14] da OMS para construir uma estrutura semântica para os sistemas e serviços AAL, caracterizar os utilizadores, os seus contextos, atividades e participação, e desenvolver instrumentos de avaliação adequados a sistemas e serviços AAL.

O capítulo *Ecosystema Living Usability Lab* tem como objetivo principal o de apresentar o modelo conceptual que suportou a implementação do LUL, incluindo uma visão geral das entidades que o compõem, a saber partes interessadas, serviços de aplicação, metodologias, plataforma de desenvolvimento, e infraestrutura lógica e física.

A terceira parte, *Implementação*, diz respeito ao trabalho realizado para a consolidação do LUL e é constituída pelos seguintes capítulos: *Arquitetura de Desenvolvimento*;

*Infraestrutura Lógica e Física*; *Serviços de Suporte à Interação Multimodal*; *Tecnologias de Fala para Pessoas Idosas*; *Robô para Assistência no Domicílio*; *TeleReabilitação: Uma Instanciação*; e *Metodologia Living Usability Lab*.

O capítulo *Arquitetura de Desenvolvimento* apresenta os mecanismos de agregação dos serviços tecnológicos de suporte ao desenvolvimento de aplicações AAL no âmbito do LUL. Para tal, descreve-se a arquitetura de desenvolvimento LUL, baseada no paradigma orientado a serviços (*Services Oriented Architecture - SOA*), e refere-se um conjunto de serviços de suporte, nomeadamente para a integração de sensores e componentes multimédia, entre outros.

O capítulo *Infraestrutura Lógica e Física* apresenta a camada infraestrutural constituída pelos espaços físicos, equipamentos e dispositivos que constituem o LUL, bem como a rede de comunicação que permite a interligação dos diferentes nodos e componentes. Em particular, é descrito o *Home Gateway* desenvolvido para o LUL e que é responsável por controlar e gerir todos os recursos presentes num domicílio e fazer a sua interligação ao mundo exterior.

No capítulo *Serviços de Suporte à Interação Multimodal* são apresentados os resultados da exploração multimodal para AAL, nomeadamente através da conceção de uma arquitetura de suporte a multimodalidade assente em serviços. A arquitetura prima pelo seu enfoque numa elevada autonomia e adaptabilidade capaz de simplificar a introdução de novos componentes de interação e facilitar a conceção de lógicas AAL interativas.

O capítulo *Tecnologias de Fala para Pessoas Idosas* apresenta as especificidades da voz de pessoas idosas e descreve o desenvolvimento de um *corpus* de fala de pessoas idosas para o português europeu, um instru-

mento essencial para a modelação acústica e reconhecimento da fala de pessoas idosas.

O capítulo *Robô para Assistência no Domicílio* apresenta a proposta de um assistente robótico para apoio a pessoas idosas. Para cumprir as suas tarefas, o assistente robótico deve ser capaz de se localizar no ambiente, de navegar de forma autónoma e de interagir com os humanos de uma forma natural. O capítulo aborda as questões de perceção, localização e navegação dos robôs no ambiente doméstico e, adicionalmente, apresenta um sistema de gestão de diálogo que permite uma interação natural com o robô.

O capítulo *TeleReabilitação: Uma Instanciação* tem como principal objetivo a apresentação e a contextualização do trabalho desenvolvido no âmbito do serviço *TeleReabilitação*. O serviço *TeleReabilitação* visa possibilitar que pessoas idosas possam realizar atividades de reabilitação e de exercício físico nos seus domicílios, sob supervisão de um prestador de cuidados. Após uma análise inicial do conceito *telereabilitação*, é ilustrada a instanciação da arquitetura de desenvolvimento LUL e a utilização de alguns dos seus componentes na implementação de um serviço AAL.

O capítulo *Metodologia Living Usability Lab* descreve em pormenor a metodologia desenvolvida, nomeadamente as suas diferentes fases e alguns dos instrumentos que a compõem.

Finalmente, a última parte, *Perspetivas Futuras*, é constituída por um único capítulo onde se tecem se tecem algumas ilações do trabalho desenvolvido e, fundamentalmente, se perspetiva uma nova linha de evolução, na qual se pretende enfatizar a importância do AAL na integração e personalização de cuidados.

## REFERÊNCIAS

1. Active Ageing: A Policy Framework. A Contribution of the World Health Organization to the Second United Nations World Assembly on Ageing. Geneva: World Health Organization; 2002.
2. Stephanides C, Savidis A. Universal Access in the Information Society: Methods, Tools, and Interaction Technologies. *Universal Access in the Information Society*. 2001; 1(1): 40-55.
3. Decisão nº 742/2008/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. 2008.
4. Camarinha-Matos L, Afsarmanesh H. Collaborative Ecosystems in Ageing Support. 12th IFIP 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises. São Paulo; 2011.
5. Vanderheiden G, Henry S. Every One Interfaces. In: Stephanides C, editor. *User Interface for All*. New Jersey: Lawrence Erlbaum, Inc.; 2001.
6. Mayhew D. Principles and Guidelines in Software User Interface Design. Nova Jersey: Prentice Hall; 1992.
7. ISO 9241-210: Ergonomics of Human-System Interaction - Part 210: Human-Centred Design for Interactive Systems. Geneva: International Organization for Standardization; 2010.
8. Bühler C, Placencia-Porrero I. eEurope - Participation for All Action Line: Networking Centres of Excellence in Design-for-All and Developing an EU curriculum in Design for All - Final Report. Bruxelas: European Commission; 2002.
9. Stary C. User Diversity and Design Representation: Towards Increased Effectiveness in Design for All. *Universal Access in the Information Society*. 2001; 1(1): 16-30.
10. Benyon D, Crerar A, Wilkinson S. Individual Differences and Inclusive Design. In: Stephanides C, editor. *User Interface for All*. Nova Jersey: Lawrence Erlbaum, Inc.; 2001.
11. Moutzi V, Wills C, Utilizing Living Labs Approach for the Validation of Services for the Assisting Living of Elderly People. *IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies*. Istanbul; 2009.
12. Tzouvaras D, Moustakas K, Nikolakis G, Strintzis M. Interactive Mixed Reality White Cane Simulation for the Training of the Blind and the Visually

- Impaired. *Personal and Ubiquitous Computing*. 2009; 13(1): 51-58
13. Pnevmatikakis A, Soldatos J, Talantzis F, Polymenakos, L. Robust Multimodal Audio-Visual Processing for Advanced Context Awareness in Smart Spaces. *Personal and Ubiquitous Computing*. 2009; 13(1): 3-14.
14. The International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). Geneva: World Health Organization; 2001.

# Envelhecimento Demográfico

Alexandra Queirós<sup>1</sup>, Ana Filipa Rosa<sup>2</sup>, Margarida Cerqueira<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Unidade de Investigação e Formação sobre Adultos e Idosos, Porto, Portugal.

## Introdução

Em Portugal, segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE) [1], são consideradas pessoas idosas os homens e as mulheres com idade igual ou superior a 65 anos. Marcador geralmente associado à reforma voluntária, é uma definição também seguida por outros organismos internacionais, como o Conselho da Europa, a Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) e o *Eurostat* [2, 3, 4]. Já nas regiões em vias de desenvolvimento, o indicador situa-se a partir da sexta década de vida, considerando a Organização das Nações Unidas (ONU) pessoas idosas todos os indivíduos com 60 ou mais anos [5].

Pode falar-se de envelhecimento humano tanto em termos individuais como em termos demográficos. Em termos individuais, o envelhecimento traduz-se na longevidade de cada um, podendo refletir-se num aumento da esperança média de vida, definida como a idade máxima que 50% dos membros de

uma população consegue atingir. Por seu turno, o envelhecimento demográfico corresponde ao aumento da proporção de pessoas idosas na população total, registando-se em paralelo uma diminuição da proporção da população jovem ou em idade ativa [6].

## O Envelhecimento Demográfico

Desde os meados do século passado a fecundidade teve, a nível mundial, um decréscimo muito acentuado. De um valor médio de 4,9 crianças por mulher em 1950/1955, passou-se para um valor médio de 2,6 crianças por mulher em 2005/2010 [7]. Esse declínio da fecundidade teve um início mais tardio nas regiões menos desenvolvidas, mas revelou-se mais acentuado, sendo por isso expectável que a fecundidade da população mundial venha ainda a decrescer mais [7].

A combinação entre as melhorias na nutrição, nos cuidados básicos e nos cuidados de saúde, e o controlo de muitas

das doenças infecciosas, deu origem a um aumento do número e da proporção de pessoas que passaram a sobreviver até estágios mais avançados da vida.

Verifica-se que na segunda metade do século XX, a esperança média de vida da população mundial aumentou quase 21 anos (de 46,6 anos em 1950/1955 para 67,6 anos em 2005/2010) [7]. No mesmo período, a esperança média de vida aumentou, em média, 11,1 anos nas regiões mais desenvolvidas e 24,6 anos nas regiões menos desenvolvidas. Esta assimetria entre regiões continuará a persistir, estimando-se que a esperança média de vida nas primeiras seja, em média, superior em quase 11 anos à das segundas. Adicionalmente, esta diferença aumentará para 21 anos se for considerado o grupo de países com menor índice de desenvolvimento a nível mundial, em grande parte consequente da propagação do Vírus da Imunodeficiência Humana (VIH) [7]. A ONU estima que nos próximos 50 anos a esperança média de vida aumentará globalmente 8 anos e que, provavelmente, atingirá os 75,6 anos em 2045-2050. Também à medida que a mortalidade se concentra nas idades mais avançadas, as diferenças entre regiões mais desenvolvidas e regiões menos desenvolvidas tenderão a diminuir e, em ambas, será a população idosa do sexo feminino que terá maior proporção em relação à masculina [7].

A evolução da esperança média de vida à nascença conduzirá a um incremento do número de pessoas que atingirão idades ainda mais avançadas: 3 em cada 4 recém-nascidos no princípio do século XXI sobreviverão até aos 60 anos e 3 em 8 sobreviverão até aos 80 anos. Pelas estimativas realizadas para os próximos 50 anos, 7 em cada 8 pessoas que nasçam em 2050 atingirão os 60 anos e pelo menos 1 em cada 2 pessoas atingirá os 80 anos. Por outro lado, é expectável que,

proporcionalmente, os ganhos em termos de esperança média de vida aumentem para as idades avançadas, ou seja, não só será maior o número de pessoas a chegar a uma idade avançada mas, quando aí chegadas, tenderão a viver mais tempo [7].

De acordo com a ONU, em 1950 existiam aproximadamente 205 milhões de pessoas idosas em todo o mundo. Em 1975, este número tinha subido para 350 milhões e, em 2000, para 600 milhões, sendo de prever que o aumento do número de pessoas idosas venha a tornar-se ainda mais acentuado nas próximas décadas [7]. Projeções da ONU apontam para que no ano de 2050 existam cerca de 2 biliões de pessoas idosas, ou seja, um aumento superior a 240% desde 1975, enquanto durante o mesmo período, a população mundial aumentará de 4.100 milhões para 8.200 milhões, o que constituirá um aumento de 100%.

O aumento do número e da proporção de pessoas idosas a nível mundial é acompanhado por uma mudança na estrutura etária da população. Prevê-se que em 2050 o número de pessoas idosas superará o número de jovens com menos de 15 anos [7].

Análogo ao que se verifica em termos mundiais, existe na União Europeia (UE) uma tendência de envelhecimento no seio da própria população idosa. Depois de uma ligeira redução entre 1995 e 2000 (dada a menor natalidade durante a 1.<sup>a</sup> Guerra Mundial), estima-se que aumentará o peso dos cidadãos com 80 ou mais anos [3, 4]. O envelhecimento demográfico será também agravado em consequência da entrada da geração do *baby boom* no grupo etário etária dos 65 ou mais anos. De facto, a proporção da população europeia com essas idades aumentou de 16% em 1997 para 17,4% em 2010 [3], sendo expectável que aumente para 30% em 2060, o que provocará, nos próximos 50 anos, uma diminuição da razão entre

a população em idade ativa (15-64 anos) e a população com 65 ou mais anos [4].

As projeções realizadas pelo *Eurostat* indicam que haverá um aumento significativo do valor médio europeu do índice de dependência (relação entre o número de pessoas que atingiu uma idade em que está geralmente inativa e o número de pessoas em idade ativa). Em 2010, o índice de dependência era de 26% e, prevê-se que em 2060, chegue aos 53%. Este aumento será generalizado a todos os países europeus [4].

Outra consideração importante diz respeito à distribuição rural/urbana da população idosa a nível mundial. Nas regiões mais desenvolvidas, dois terços da população idosa concentra-se nas regiões urbanas; nas regiões menos desenvolvidas, três quartos concentra-se nas regiões rurais, podendo estes dados, todavia, serem fortemente influenciados pelas migrações [3].

À semelhança do que se verifica no mundo e na Europa e em consequência das diferentes dinâmicas regionais [9], também no território nacional a distribuição da população idosa não é homogénea. Em Portugal, de acordo com dados do INE, tem-se assistido a um decréscimo da população jovem e a um incremento da população idosa. Esta última, que representava 8,0% do total da população em 1960, mais que duplicou, passando para 16,4% em 2001 e para 18,7% em 2011 [8]. Em valores absolutos, a população idosa aumentou quase 1 milhão de indivíduos desde 1960 até ao presente, passando de 708.570 em 1960, para 1.693.493 em 2001 (16,4% face ao total da população), e para 2.010.064 pessoas idosas em 2011 (19% face ao total da população; 1.178.687 mulheres, 853.135 homens) [8, 26], prevendo-se atingir os 3.357.045 em 2060 (32,3% face ao total da população). Entre a população idosa, pessoas com idade igual ou superior a 80 anos têm vindo a aumentar significativamente [26]: de

1960 até 2011 este número quase que quadruplicou, estimando-se atualmente em 493.200 pessoas (4,67% face ao total da população) e prevê-se que até 2060 sejam 823.104 pessoas (13% face ao total da população). Quanto ao aumento da esperança média de vida à nascença, esta situa-se atualmente nos 82,4 anos para as mulheres e 76,5 para os homens [26].

Numa repartição por NUTS II (Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos) [8], verifica-se que a região Norte detém a maior percentagem em termos absolutos de pessoas idosas do Continente (31,4%). O maior peso relativo de pessoas idosas quando comparada ao total da população local pertence ao Alentejo (24,2%), seguido do Centro (22,4%) e do Algarve (19,5%). As Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira apresentam os menores níveis de envelhecimento do país (1,8 e 1,4, respetivamente), também porque são estas as zonas geográficas que apresentam níveis de fecundidade mais elevados.

## Impactos Socioeconómicos

As tendências demográficas anteriormente referidas terão um impacto considerável em vários aspetos socioeconómicos das sociedades e poderão colocar em perigo a sustentação económica dos nossos atuais sistemas sociais. Para além das consequências inevitáveis no desenvolvimento económico, são múltiplas as consequências do envelhecimento demográfico a nível das políticas públicas de saúde, segurança social e educação. Estas consequências poderão ainda ser agravadas pela alteração da estrutura dos agregados familiares, pelo que os setores público e privado terão, provavelmente, que assumir uma quota-parte cada vez maior das responsabilidades que, neste momento, estão a cargo das famílias.

## Desenvolvimento Económico

Desde os finais da década 80 do século passado, com o desmantelar do bloco soviético, a migração das populações do leste europeu para os países ocidentais tem sido o principal fator de crescimento da população total da UE [10]. Tanto para os países europeus como para outros países desenvolvidos (por exemplo, Estados Unidos da América, Canadá ou Austrália), as políticas de imigração, com todos os seus reflexos positivos e negativos, são um elemento estratégico no reforço do mercado de trabalho, servindo, por exemplo, para compensar o défice existente em certos tipos de profissões. Neste particular, a imigração poderá, de alguma forma, responder à crescente necessidade de prestação de cuidados, em particular de prestação de cuidados a pessoas idosas.

No entanto, tendo em conta que o envelhecimento demográfico é um fenómeno global, as políticas de imigração podem não ser suficientes para impedir a diminuição da população ativa. Se assim for, inevitavelmente ir-se-á assistir a [11]:

- Uma diminuição da produtividade em geral e uma menor mobilidade e flexibilidade dos trabalhadores, apesar da sua maior experiência.
- Uma diminuição da oferta da força de trabalho, embora alguns países ainda tenham uma margem de crescimento para a taxa de participação na força de trabalho da população entre 15 e 64 anos (através de uma maior participação da população feminina).
- Uma diminuição da oferta de trabalho, em consequência do peso das contribuições que recaem sobre os empregadores.
- Um decréscimo da poupança das famílias (por serem menos pessoas a usufruírem rendimentos) e do Estado (em consequência dos gastos com as políticas sociais).

Este contexto de redução de níveis de emprego, de decréscimo da acumulação de capital e de menor produtividade do fator trabalho (se se considerar como decisiva a redução da mobilidade e da flexibilidade de uma população ativa envelhecida) provocará uma diminuição no crescimento económico. Esta situação, tal como já está a acontecer nalguns países da UE, acarretará consequências negativas nos rendimentos dos cidadãos. Em contrapartida, os serviços e bens passarão a ser distribuídos por um número relativamente crescente de pessoas dependentes, o que, obviamente, terá repercussões na qualidade de vida de toda a população.

## Sistema de Saúde

Nas últimas décadas, os países mais desenvolvidos têm, em média, aumentado a percentagem do Produto Interno Bruto (PIB) destinada aos gastos em saúde [12]. Tal tem-se verificado de uma forma independente dos tipos de sistemas de saúde adotados para os diferentes países, bem como dos mecanismos de financiamento subjacentes (impostos, transferências orçamentais, seguros privados ou públicos, ou pagamentos privados). É expectável que se mantenham fortes pressões no sentido de continuar a haver um aumento nas despesas de saúde e de cuidados sociais, não só devido às mudanças demográficas, mas também a alterações dos custos relativos dos serviços e bens e à melhoria dos benefícios (melhores serviços e coberturas mais alargadas) [13].

Em consequência dos investimentos efetuados, pode observar-se que as condições de saúde das pessoas idosas melhoraram de uma forma contínua. Tal ficou a dever-se a um conjunto de diversos fatores, nomeadamente à melhoria dos serviços de saúde e da educação para a saúde, às alterações de esti-

los de vida e aos avanços na medicina. Este progresso permite pensar que será razoável assumir que a maioria das pessoas idosas será saudável e que terá condições de saúde semelhantes às das gerações mais novas; contudo, em paralelo, pode também antever-se que algumas dessas pessoas idosas sobreviverão até idades avançadas, mas cujas condições de saúde serão relativamente débeis.

Nos países desenvolvidos, as doenças crônicas de natureza neuropsiquiátrica, as doenças neurodegenerativas, as doenças cardiovasculares, os neoplasmas, as doenças respiratórias e as doenças de natureza músculo-esquelética terão grande impacto no conjunto da população envelhecida [14]. Tendências semelhantes foram observadas no passado e tenderão a continuar nos países da UE: a transição epidemiológica do século XX marcou o aparecimento das doenças degenerativas como causas principais de morte em vez das doenças infecciosas, mudança à qual estão associadas a melhoria da qualidade de vida e a aplicação de medidas de saúde pública [14].

A frequência, severidade e complexidade dos tratamentos das doenças de natureza crônica, que surgem ou se agravam em paralelo ao processo natural de envelhecimento, evidenciam que o envelhecimento demográfico é, obviamente, um fator que tende a aumentar o custo *per capita* dos cuidados de saúde.

Adicionalmente, apesar de as percentagens de população deficiente estarem a diminuir no mundo desenvolvido, é natural que no próximo meio século as mudanças demográficas provoquem um aumento significativo do número de pessoas idosas com algum tipo de deficiência. Tal tenderá a aumentar, ainda mais, os gastos com os cuidados continuados (cuidados de longa duração prestados a pessoas com limitações nas atividades ou restrições na participação

e que implicam a articulação entre os serviços de saúde e os serviços de âmbito social) a serem, necessariamente, prestados.

### Sistema de Segurança Social

A gradual declinação da razão entre as faixas da sociedade economicamente ativas e as dependentes dos recursos materiais disponibilizados pelas primeiras tem fortes implicações nos sistemas de segurança social.

Ao nível das pensões de reforma, para além do peso orçamental do sistema de pensões resultante do fenómeno do envelhecimento demográfico, há também que ter em conta fatores não demográficos como o da maior abrangência das coberturas, o do objetivo distributivo de alguns sistemas e o do aumento nos custos da prestação de cuidados. Assim, a ausência de ajustamentos nas políticas implicará um grande peso financeiro sobre os detentores de rendimentos baseados no fator trabalho, pertencentes tanto à atual como às gerações vindouras [11].

Uma oportunidade para contrariar o efeito negativo da diminuição da percentagem da população ativa será o fortalecimento de investimentos produtivos que, particularmente, ajudem a neutralizar os efeitos económicos adversos resultantes do envelhecimento demográfico. No entanto, a pressão sobre os sistemas de segurança social tenderá a não facilitar novos investimentos mas, pelo contrário, a conduzir a uma descapitalização de fundos para fazer face ao maior número de despesas de apoio.

Problemas graves de natureza social poderão emergir em regiões onde os cidadãos idosos têm, tradicionalmente, beneficiado dos cuidados e da proteção de pessoas próximas ou da comunidade local. Estes relacionamentos estão a tornar-se cada vez mais difíceis de serem mantidos, quer

devido ao aumento do número de pessoas idosas dependentes, quer ao facto de as tradicionais estruturas familiares e de prestação de cuidados estarem a sofrer mudanças radicais em muitas regiões do mundo. Esta situação é ainda mais sentida nas áreas rurais, sobretudo nas menos produtivas dos países menos desenvolvidos, e que sofrem já com a deslocação dos jovens e dos setores mais ativos da população para as regiões urbanas.

### Sistema de Educação

A diminuição da percentagem de população mais jovem e, conseqüentemente, o declínio do número de pessoas em idade escolar, pode levar a concluir que será fácil conseguir poupanças significativas relacionadas com a gestão do sistema educativo em geral.

No entanto, o envelhecimento da população ativa provocará importantes alterações em termos de adequação de perfis de conhecimentos e competências, assim como da capacidade de aprendizagem dos trabalhadores [15]. Estas alterações implicarão ajustamentos necessários (e dificuldades acrescidas) do processo de renovação de conhecimentos e de competências. O seu impacto económico dependerá, sobretudo, da evolução e da adequação dos sistemas de ensino e de formação, bem como da implementação (ou não) de processos efetivos de requalificação e de aprendizagem ao longo da vida. Para isso será essencial o desenvolvimento de novas formas de ensino como, por exemplo, o ensino à distância.

Adicionalmente, o orçamento para o sistema educativo terá que considerar a necessidade de aumentar drasticamente os investimentos no capital humano, ou seja, no conhecimento, na informação e no desenvolvimento de ideias e das capacidades dos indivíduos, porquanto são precisos traba-

lhadores qualificados, gestores e empresários arrojados capazes de produzir e desenvolver serviços e bens inovadores [16].

### Estruturas Familiares

Enquanto as previsões das evoluções demográficas dos próximos anos têm um grau de certeza relativamente elevado, há ainda uma grande incerteza quanto à orientação da evolução que se fará sentir nos prestadores de cuidados informais, em particular das famílias.

Para que os sistemas de saúde e de segurança social possam ser sustentáveis, a população envelhecida também precisará de cuidados informais. Este é particularmente o caso das pessoas com idades superiores a 80 anos, segmento populacional com crescimento mais rápido, necessitando, a maioria, de cuidados múltiplos. Este desenvolvimento e a conseqüente demanda e provisão de cuidados podem ser acentuados por movimentos migratórios de grupos populacionais específicos [17].

Por outro lado, também não pode ser negligenciado o facto de o tipo e tamanho da estrutura familiar ter mudado significativamente no passado recente e, muito provavelmente, de continuar a mudar. Em 1981, o tamanho de uma família média da UE era de 2,8 pessoas, tendo decrescido para 2,4 pessoas em 2011 [18, 27]. Esta tendência é resultante do declínio da fecundidade e do aumento da percentagem de divórcios.

Em Portugal, os resultados do Censos 2011 revelam que, enquanto as famílias compostas por pessoas idosas e outros viram a sua importância relativa diminuir ligeiramente, as famílias compostas apenas por pessoas idosas aumentaram cerca de 28,3% nos últimos dez anos [19]. De referir, ainda, que do total de famílias só de pessoas idosas

(10% face ao total dos agregados domésticos), 50,2% são constituídas por uma pessoa idosa apenas e 49,7% por duas ou mais pessoas idosas [8, 19, 27].

Como contraponto a este aumento de pessoas idosas a viverem sozinhas, é preciso considerar que, devido a uma mudança gradual de prioridades quotidianas, as gerações mais novas tenderão a estar menos disponíveis para a prestação informal de cuidados do que as gerações dos seus antecedentes. Assim, a um aumento da necessidade de prestação de cuidados informais poderá corresponder a uma diminuição do número de prestadores de cuidados informais não pagos (maioritariamente mulheres), o que será mais um fator de pressão sobre os sistemas de saúde e de segurança social.

## Conclusão

Investigadores, políticos, técnicos, meios de comunicação social e cidadãos em geral devem compreender que o atual problema das pessoas idosas não se confina à prestação de proteção e de cuidados, mas abrange, também, a garantia de envolvimento e participação ativa na família e na sociedade. Eventualmente, a transição para uma nova forma de encarar a velhice, de uma maneira mais positiva e mais ativa, resultará da ação das próprias pessoas idosas. A consciência coletiva de ser pessoa idosa, como um conceito socialmente unificado, pode, deste modo, transformar-se num fator positivo [20].

As implicações socioeconómicas resultantes do aumento da proporção de pessoas idosas na população global começam a constituir preocupações sérias num conjunto alargado de países. Tal situação reflete-se em medidas como o prolongamento do tempo de vida ativa, adiando a idade da reforma, uma melhor redistribuição da riqueza e das

contribuições para os impostos e segurança social entre as várias gerações e a consolidação do financiamento dos sistemas de saúde e de segurança social. Estas são reformas muito necessárias tendo em conta as dificuldades que se avizinham a médio e longo prazo, sob pena de se sobrecarregar as gerações mais novas e de originar o aparecimento de conflitos sociais.

Independentemente de uma maior adequação das políticas globais ou de uma maior participação social das pessoas idosas, o processo de envelhecimento está associado a um conjunto de problemas que se relacionam com as dimensões física, psicológica e social. O processo de envelhecimento tende a causar um aumento das limitações nas atividades ou a restringir a participação, o que torna as pessoas idosas mais vulneráveis. Por exemplo, numa situação de doença, o processo de tratamento de uma pessoa idosa não só é mais complexo, porque apela a uma grande diversidade de competências, como é mais moroso, dada a capacidade de recuperação do organismo ser mais lenta.

Existe também uma dimensão subjetiva da vulnerabilidade [21] já que o bem-estar mental pode estar associado à questão da perceção da segurança individual. É possível, hoje, observarem-se na sociedade fenómenos de ansiedade que não melhoram com um aumento dos mecanismos de segurança objetivos [22]. É conhecida também a relação entre a debilidade física e o declínio da autoestima, o que pode contribuir para uma maior vulnerabilidade e para alterações na perceção do risco [23].

As necessidades das pessoas idosas são numerosas, complexas e diversificadas. Estas necessidades precisam de ser tidas em conta na sua totalidade, de modo a possibilitar respostas integradas e personalizadas. Caso contrário, será de esperar, como resultado, maior intensidade na utilização das urgên-

cias, períodos de recuperação mais longos, exigência de mais cuidados durante mais tempo e, em consequência, custos mais elevados [24]. A necessidade de respostas integradas e personalizadas não é exclusiva da população idosa, estando, também, presente quando se considera a população com deficiência ou com limitações nas atividades ou restrições na participação. É, assim, necessário, o desenvolvimento de novos paradigmas que sejam respostas adequadas a estas questões, bem como aos desafios socioeconómicos atuais.

Numa perspetiva otimista, o progresso tecnológico e os consequentes ganhos de produtividade poderão compensar alguns dos impactos negativos que são expectáveis em resultado do envelhecimento demográfico. A nova economia e a sociedade em rede [25] são termos que se aplicam aos desenvolvimentos económicos e às alterações sociológicas associados às Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC). As TIC tiveram um impacto considerável no crescimento económico dos países desenvolvidos durante a última década e, a sua utilização de uma forma sustentada, pode compensar alguns efeitos de uma população envelhecida.

Ao nível da prestação de cuidados, as TIC oferecem inúmeras possibilidades para o desenvolvimento de novos serviços que podem reforçar a autonomia das pessoas idosas, otimizar os recursos disponíveis e facilitar o trabalho das famílias e dos restantes prestadores de cuidados. Para que isso se torne realidade, deve ser traçada uma estratégia política adequada, proporcionando serviços e bens inovadores, quer dentro do setor das TIC, quer de uma forma longitudinal a todos os setores económicos.

## REFERÊNCIAS

1. Censos 2011, Resultados Pré-definitivos. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística; 2012.
2. Trends Shaping Education, Ageing OCDE Societies. Paris: OCDE; 2008.
3. Active Ageing and Solidarity between Generations - A Statistical Portrait of the European Union 2012. Luxemburgo: Eurostat; 2012.
4. EU 27 Population is Expected to Peak by around 2040. Eurostat Newsrelease. 2011; 80.
5. Current Status of the Social Situation, Wellbeing, Participation in Development and Rights of Older Persons Worldwide. Nova York: United Nations; 2011.
6. Interesting Facts about Ageing - Ageing and Life Course. Genebra: World Health Organization; 2012.
7. World Population Ageing 2009. Nova York: United Nations; 2009.
8. Censos 2001, Resultados Definitivos. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística; 2002.
9. Coleman D. Population of the Industrial World - A Convergent Demographic Community? *International Journal of Population Geography*. 2002; 8(5): 319-344.
10. Eurostat Yearbook 2004. Luxemburgo: Eurostat; 2004.
11. Alvarenga A. Os Envelhecimentos da População e as suas Consequências na Zona Euro 11. *Informação Internacional*. 2000; 2: 69-85.
12. Simões J. Dependência do Percurso e Inovação em Políticas e Práticas de Saúde: da Ideologia ao Desempenho, Lições para o Futuro da Avaliação de três Hospitais do Serviço Nacional de Saúde. Aveiro: Universidade de Aveiro; 2003.
13. Areosa S, Areosa A. Envelhecimento e Dependência: Desafios a serem Enfrentados. *Revista Textos & Contextos*. 2008; 7(7): 138-50.
14. Agostinho P. Perspectiva Psicossomática do Envelhecimento. *Revista Portuguesa de Psicossomática*. 2004; 6(6): 31-36.
15. Gavigan J. The Learning Imperative for Europe's Ageing Workforce. Sevilha: Institute for Prospective Technological Studies; 1999.
16. Becker G. The Age of Human Capital. Standford: Hoover Institution; 2001.

17. The Social Situation in the European Union. Luxemburgo: Eurostat; 2001.
18. Household Structure in the EU. Luxemburgo: Eurostat; 2010.
19. Mais de um Milhão e Duzentos Mil Idosos Vivem Sós ou em Companhia de outros Idosos. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística; 2012.
20. Madrid International Plan of Action on Ageing, the Second World Assembly on Ageing. Nova York: United Nations; 2002.
21. Dias A. A Mudança do Paradigma e a Introdução de TIC em Instituições Prestadoras de Cuidados. Aveiro: Universidade de Aveiro; 2005.
22. Alaszewski A, Billings J, Baldock J, Coxon K, Twigg J. Providing Integrated Health and Social Care for Older Persons in the United Kingdom. Canterbury: University of Kent; 2003.
23. Taleporos G, McCabe M. The Impact of Self-Esteem, Body Esteem, and Sexual Satisfaction on Psychological Well-Being in People with Physical Disability. *Sexuality and Disability*. 2002; 20(3): 177-183.
24. Integrated Services for Older People, Building a whole System Approach in England. Audit Commission Report. Bruxelas: European Commission; 2002.
25. Castells M. A Era da Informação: Economia, Sociedade e Cultura - a Sociedade em Rede. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; 2002.
26. Censos 2011, Resultados Definitivos. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística; 2012.
27. Pordata, Base de Dados Portugal Contemporâneo. Dimensão média dos agregados domésticos privados na Europa; 2013



# Envelhecimento Ativo

Margarida Cerqueira<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Unidade de Investigação e Formação sobre Adultos e Idosos, Porto, Portugal.

## Introdução

É consensual que o processo de envelhecimento se reveste de uma condição universal e que se processa de forma dinâmica, intrínseca e progressiva nos seres vivos. Caracteriza-se por ser um processo contínuo e irreversível, que se manifesta num declínio progressivo a nível celular durante a vida dos indivíduos [1]. Esse processo não é influenciado somente pela componente genética, pelo sistema imunitário e fatores endócrinos, mas também por outros fatores como os ambientais, os higiénico-sanitários, os alimentares, o estilo de vida ou as preferências do indivíduo [2]. Tais determinantes implicam várias transformações no indivíduo, sejam elas morfológicas, fisiológicas, bioquímicas, psicológicas ou sociais e podem determinar a vulnerabilidade do organismo e a consequente perda da capacidade de adaptação [3, 4, 5].

Intimamente relacionadas com o conceito envelhecimento, existem três componentes distintas na sua conceção teórica: a biológica, a psicológica e a social [6]. Cada uma decorre de aspetos específicos do processo de envelhecimento e cujo respetivo decurso diverge entre indivíduos, seja em intensidade seja no momento de ocorrência. Neste sentido, o carácter dessas modificações apresenta diferentes impactos nos indivíduos, refletindo-se na variabilidade intra-individual e na variabilidade inter-individual.

No que reporta à componente biológica, esta relaciona-se com a vulnerabilidade crescente do organismo e, por conseguinte, com uma gradual probabilidade de morte. Entendido como a incapacidade progressiva do organismo - perda de funcionalidade e de adaptação ou de resistência face ao *stress* - em função da idade e da manutenção do processo homeostático [5].

A segunda componente no processo de envelhecimento, a psicológica, diz respeito às alterações que se associam à história de vida, assim como à capacidade de autorregulação da componente biológica do organismo por parte dos indivíduos [7]. Resulta da adaptação dos indivíduos às transições relacionadas com o seu desenvolvimento, que vão ocorrendo ao longo da vida, repercutindo-se na tomada de decisões e nas opções escolhidas.

Por último, a componente social, integrante do processo de envelhecimento e que concerne ao que é esperado em termos comportamentais segundo a idade. O envelhecimento social implica padrões de interação entre o ciclo de vida e a estrutura social em que os indivíduos se inserem, revestindo-se nos papéis sociais e comportamentos atribuídos às diferentes faixas etárias nas quais os indivíduos vão transitando. Com o avançar do tempo, verifica-se uma atribuição de novas normas, posições, oportunidades ou restrições e processos de mudança, muitos deles impostos pela sociedade [3, 8]. A idade reveste-se, assim, de uma natureza social devido à influência que exerce no modo de vida e nos padrões de interação entre os indivíduos, encoberta frequentemente por aquilo que se designa idadismo. Este conceito traduziu, numa primeira definição, o 'processo de estereotipificação e discriminação sistemático relativo a idosos, baseado somente no critério da idade' [9] mas, posteriormente, passou também a considerar dois contextos, pessoal e institucional, assim como duas valências, negativa ou positiva. Ou seja, o idadismo pode também ter lugar nas práticas institucionais, sustentar posições tanto contra como a favor de uma determinada faixa etária, assim como ter origem nos indivíduos mais velhos em relação aos mais novos [10].

Sejam elas referentes aos componentes biológico, psicológico ou social do envelhe-

cimento, há certas transformações que todos os indivíduos manifestam mais tarde ou mais cedo. Independentemente de ocorrerem em diferentes planos e velocidades (transformações comuns como o aparecimento de rugas, cabelo branco, flacidez muscular ou défices sensoriais), essas inserem-se no que se designa por envelhecimento universal [11]. No caso das transformações que não sucedem a todos os indivíduos como, por exemplo, a artrite ou aterosclerose, fala-se de envelhecimento probabilístico.

Cabe aqui ainda referir dois conceitos diferenciados mas que também se relacionam, o declínio e a deterioração [12]. O declínio define-se como o enfraquecimento de uma determinada função ou capacidade do organismo, experimentada por todos os seres humanos. Já a deterioração ocorre quando esse enfraquecimento se desvia significativamente da média do grupo etário a que o indivíduo pertence, estando associado, em geral, à patologia. Em virtude desta distinção, pode, assim, falar-se de envelhecimento normal e de envelhecimento patológico.

O envelhecimento normal (ou senescência) refere-se às diversas alterações que são universais, progressivas, irreversíveis e inevitáveis nos seres vivos e no qual a doença pode não estar presente [13]. Têm lugar nas dimensões de natureza biológica e psicológica do indivíduo e implicam a ausência de patologias físicas ou psicológicas incapacitantes [7, 11, 14, 15, 16]. Apesar de relacionado com a ação do tempo sobre o organismo, o envelhecimento normal é influenciado pelo estilo de vida, alimentação, saúde, exposição ao *stress*, condição social e educação do indivíduo, manifestando-se em diferentes graus nos diferentes indivíduos. Denominado também como envelhecimento primário, o envelhecimento normal envolve parâmetros biológicos aceitáveis para cada fase do ciclo de vida.

O envelhecimento patológico (ou senilidade) tem lugar quando surgem patologias que restringem o quotidiano do indivíduo. Caracteriza-se por alterações de maior dimensão em relação às consideradas normais para determinada idade e com tendência a evoluir de forma mais rápida. Também denominado envelhecimento secundário, dá-se quando as doenças alteram os parâmetros biológicos considerados normais para cada faixa etária ou quando a idade biológica do indivíduo é superior à sua idade cronológica [13]. As causas da sua ocorrência resultam da interação entre mecanismos genéticos, fatores ambientais e estilo de vida. Com o avançar da idade, há maior probabilidade de se desenvolverem cataratas, hipertensão arterial, osteoporose, cancro, diabetes, acidentes vasculares cerebrais, osteoartrose ou esclerose. Estas alterações que dão origem ao envelhecimento patológico (ou senilidade) podem, contudo, ser prevenidas ou mesmo revertidas [11, 14, 15].

De ressaltar que pode ainda ter lugar um outro tipo de envelhecimento, o terciário ou terminal, que se refere às alterações que ocorrem de forma precipitada [14]. Distinto do envelhecimento primário ou secundário, implica alterações súbitas e prévias às mudanças normais das capacidades cognitivas e funcionais do indivíduo. Neste caso, os parâmetros biológicos surgem totalmente alterados em relação aos normais para a idade. Apesar de se verificar uma maior incidência na velhice, pode ocorrer em qualquer altura da vida (e em geral na última fase das doenças terminais).

Para além destes contextos, as mudanças associadas ao envelhecimento tanto podem ser típicas ou normais, como mudanças atípicas ou patológicas. As primeiras inserem-se no conceito envelhecimento normal (ou senescência) enquanto as segundas no conceito envelhecimento patológico (ou senili-

dade). Dada a indefinição da sua fronteira, a delimitação destes conceitos é complexa e delicada.

A definição do que é um ‘bom’ envelhecimento continua a ser uma questão de relevo na sociedade atual, não sendo, contudo, consensual, pelo que perdura o debate entre os diversos estudiosos [17, 18]. Há duas vertentes que categorizam as diferentes posições [19, 20]:

- A das ciências e modelos biológicos, que procuram identificar padrões clínicos para a sua medição, de forma a operacionalizar os valores de um ‘bom’ envelhecimento.
- A das ciências sociais e humanas e modelos cognitivos e psicossociais, que pretendem desenvolver teorias psicossociais que descrevam a adaptação ao processo de envelhecimento, para assim estabelecerem os valores de um ‘bom’ envelhecimento.

E é neste sentido que se fala de envelhecimento ativo. Veja-se a evolução da sua definição ao longo do tempo.

## Evolução do Conceito Envelhecimento Ativo

O conceito envelhecimento ativo foi registado nos Estados Unidos da América, na década de 1960, aquando do desenvolvimento do conceito envelhecimento bem-sucedido, não sendo ainda hoje a sua distinção clara entre os autores. Entendia-se que estes conceitos estavam relacionados, sendo considerado que o cerne do envelhecimento bem-sucedido residia nas atividades e no sucesso financeiro. Dependia da manutenção, na velhice, de valores e de padrões de atividades tipicamente associados à meia-idade [21]. De um modo global, associavam-se

ao conceito envelhecimento bem-sucedido fatores psicológicos e psicossociais, de natureza social, ambiental, económica, educativa, sanitária e biológica [12].

A descrição do significado de ‘envelhecer com sucesso’ relacionava-se com fatores como a duração da vida, saúde biológica, saúde mental, eficácia cognitiva, produtividade, competência social, controlo pessoal, espiritualidade, otimismo, bem-estar subjetivo, envolvimento e satisfação com a vida, enfatizando-se os aspetos positivos do envelhecimento. Neste sentido, surgiu como um dos três possíveis processos de envelhecimento, de par com o normal e o patológico. Foram Baltes e Baltes [22] que enfatizaram o uso da expressão envelhecimento bem-sucedido para que se perspetivasse noutra ótica a natureza da velhice e das crenças que dela existem; Lazarus [23] considerou que esta noção implicaria a aquisição de atitudes e de processos de *coping* que promovessem a independência e participação ativa do indivíduo, num maior espaço de tempo e apesar da ameaça ou aumento de incapacidades.

Foi neste seguimento que posteriormente se passou a desenvolver o atual conceito envelhecimento ativo, adotado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) [24], onde se procurou ampliar o conceito envelhecimento bem-sucedido, apontando-se sobretudo para uma mudança cultural e de práticas.

Influenciado quer pelo evidente envelhecimento demográfico quer pelo conseqüente crescimento na investigação, o esforço para implementar o conceito envelhecimento ativo não se resume somente aos dias de hoje. Contudo, só atualmente é que se verifica, de forma imperativa, a sua adoção pelas agendas políticas nacionais e internacionais no que concerne ao desenvolvimento das políticas de envelhecimento [21].

O conceito inicial de envelhecimento

ativo surgiu relacionado com a teoria da rutura, desenvolvida por Cumming e Henry em 1961 [25]. O indivíduo deixa de exercer alguns papéis sociais à medida que envelhece e esse processo de rutura varia de indivíduo para indivíduo, tanto quanto à altura em que ocorre como na intensidade com que é vivido. Considerando que ao longo da vida a mudança é constante, e que os papéis da meia-idade deixam de existir na velhice com conseqüências no bem-estar psicológico do indivíduo, os autores defendem a importância de se encontrar e fomentar outros. Esses novos papéis paralelos, funcionando a um mesmo nível que os anteriores, influirão na qualidade, frequência e finalidade da interação com os outros, assim como no cuidado de si. O envelhecimento será bem-sucedido se o indivíduo mantiver um bom grau de satisfação com a vida, através dos relacionamentos, atividades e papéis que desempenha. O envelhecimento ativo relaciona-se, assim, com a manutenção na velhice dos padrões de atividades e valores típicos da meia-idade [26, 27].

A perspetiva da teoria da rutura foi criticada por Havighurst no mesmo ano de 1961 e, posteriormente, em 1968 [26, 28], aquando do aprimoramento dos princípios da teoria da atividade já desenvolvida na década anterior. Havighurst considera a teoria da rutura demasiado drástica, entendendo que as atividades serão a base de um envelhecimento saudável. Cada fase da vida tem os seus contextos e tarefas desenvolvimentais, assim como bases próprias a nível biológico (maturação física), psicológico (aspirações e valores) e cultural (expectativas da sociedade). Essa capacidade de se adaptar a novos contextos implica a superação de cada uma das tarefas desenvolvimentais de cada fase, ou seja, o desempenho dos novos papéis. Deste modo, o indivíduo que realize tarefas ou atividades sociais será aquele que

viverá mais anos e mais feliz (o que estará relacionado com uma boa adaptação social na velhice).

Mas também a esta perspectiva se apontaram críticas: trata-se de uma expectativa irrealista quando se procura a manutenção dos níveis de atividade anteriores. Muitos indivíduos deparam-se com limitações biológicas, sociais e económicas, que promovem sentimentos de frustração e fracasso.

Para além destas duas teorias que estiveram na origem do conceito envelhecimento ativo, este também procede da perspectiva de mercado de trabalho e de produção, relacionado com o conceito envelhecimento produtivo. Este último surgiu nos finais da década de 70, altura em que dominava a ideia de as pessoas idosas serem frágeis, dependentes e não produtivas, consideradas, assim, um peso para a sociedade [29]. A tónica no conceito envelhecimento produtivo situava-se no âmbito da defesa do direito à ocupação laboral dos mais velhos, assim como ao seu prolongamento se assim o desejassem. A definição deste conceito carece de alguma concordância em termos específicos entre autores, mas em termos gerais é consensual considerar-se que implica um envolvimento estruturado e continuado em atividades significativas e satisfatórias por parte das pessoas idosas, com um impacto positivo na sua vida. Imbuído numa perspectiva de desenvolvimento ao longo da vida, defendia-se que tanto a comunidade, como o local de trabalho e as próprias pessoas idosas muito beneficiariam se estas fossem ativas durante a reforma [21].

O conceito envelhecimento ativo surge numa altura em que a América do Norte e a Europa começam a debater-se com a questão demográfica relativa ao envelhecimento da população, com sérias implicações económicas futuras: menos profissionais no ativo, menor participação no suporte dos cus-

tos de saúde e das pensões dos reformados nas décadas vindouras.

As diversas políticas governamentais passam a tentar dar resposta às mudanças demográficas presentes e futuras. Essa preocupação refletiu-se na declaração de Alma-Ata, em 1978, onde se estabelecem diretrizes internacionais para as políticas de promoção da 'saúde para todos' [30]. Em 1986, na Carta de Promoção da Saúde de Otava, surge a primeira estrutura de ação concertada para a promoção da saúde [31].

Será no início da década de 1990, em grande medida devido à OMS, que surge um conceito envelhecimento ativo mais abrangente que o anterior: passa a incluir-se de forma mais explícita a dimensão da saúde e a considerar-se a participação e a inclusão das pessoas idosas em todas as dimensões que se reportem às áreas familiar, comunitária e de âmbito nacional [21]. Os documentos então elaborados enfatizam a prioridade de atuação nas áreas dos direitos humanos, das necessidades específicas das pessoas idosas, da saúde e das desigualdades, das culturas e das determinantes sociais da saúde e da doença.

Em 1998, na 51.ª Assembleia Mundial de Saúde, celebra-se um acordo internacional para a aplicação das vinte e uma prioridades que emergiram nos vários países europeus na última década de então [32]. A questão do envelhecimento ativo é a quinta prioridade, deliberando-se que a partir do ano de 2020 indivíduos com mais de 65 anos deverão ter a oportunidade de aproveitar o seu potencial de saúde e de desempenhar um papel ativo na sociedade.

Este posicionamento coincidiu com o alinhamento das agendas políticas no início do século XXI no que dizia respeito ao impacto do envelhecimento demográfico nos sistemas de saúde e segurança social dos Estados Unidos da América, passando

também a merecer destaque no gizamento de políticas sociais da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) e da União Europeia (UE) [21].

Em 2000, a OCDE [33] publica a sua própria noção de envelhecimento ativo, associando-o à capacidade de o indivíduo, à medida que envelhece, de realizar atividades produtivas quer para a sociedade quer para a economia. Assume-se que o indivíduo tem competência para efetuar escolhas individuais e autónomas no que respeita à forma como vive, como trabalha e no que aprende, assim como às atividades lúdicas e de cuidado com os outros. Esta definição foi considerada limitada uma vez que não tinha em consideração as diferentes determinantes da saúde e do bem-estar ao longo da vida.

Em 2002, no Plano de Ação Internacional de Madrid sobre o Envelhecimento da Organização das Nações Unidas (ONU) [34], saído da II Assembleia Mundial sobre o Envelhecimento, adota-se uma visão positiva do envelhecimento. Defende-se uma sociedade que integre as pessoas idosas, para que beneficiem de todos os aspetos de desenvolvimento social e económico. As pessoas idosas têm o direito de envelhecer com segurança e dignidade, seja qual for o local, e de participar na sua comunidade. Ainda em 2002, a OMS elabora um projeto de política de saúde [35]. Passa-se a considerar as noções de atividade, saúde e segurança, inseridas num contexto de envelhecimento saudável. Ao invés de incidir somente no prolongamento e direito à ocupação laboral (como o envelhecimento produtivo), considera que um indivíduo pode permanecer ativo através da sua participação na sociedade, seja ela de índole social, económica, cultural, espiritual ou cívica (como realização de trabalho voluntário ou adoção de um estilo de vida saudável após a reforma). Muito célebre ficou a ideia de que, como pas-

sou a haver mais anos de vida, há então que dar vida aos anos.

Foi a partir desta altura que a adoção do conceito envelhecimento ativo por parte dos vários países europeus começa a ter lugar e em grande parte devido à atenção que a OMS lhe prestou nesses anos [35, 36]. Delibera-se o aumento da taxa europeia de emprego de indivíduos entre os 55 anos e os 64 anos no relatório da Reunião do Conselho Europeu de Estocolmo, elaborado pela Comissão Europeia [37]; considera-se o aumento progressivo do tempo limite de reforma para mais cinco anos no relatório da Reunião do Conselho Europeu de Barcelona elaborado pelo Conselho da União Europeia [38]. Em súmula, tratava-se de adotar um estilo de vida saudável, trabalhar mais tempo, reformar-se mais tarde e ser ativo após a reforma.

Nesse sentido, a UE passa a incorporar na sua conceção de envelhecimento ativo a perspetiva de curso de vida. Define-a como uma estratégia coerente, por forma a bem envelhecer em sociedades também envelhecidas, o que é reforçado na Agenda de Lisboa (para a década 2000-2010) e na posterior Estratégia Europa 2020 [39]. Incluída num ajustamento de práticas quotidianas pelo facto de vivermos mais anos, com mais recursos e com melhor saúde do que nas décadas anteriores, contempla a urgência em se encontrar oportunidades nessas melhorias, onde se insere a preocupação no aumento da taxa de emprego da população europeia mais velha [21].

Em 2011 foi criada a Parceria Europeia de Inovação para o Envelhecimento Ativo e Saudável [40]. Com o objetivo de promover a saúde e a qualidade de vida das pessoas (idosas) europeias (aumento de dois anos de vida saudáveis até 2020), de favorecer as suas atividades e participação na sociedade e na economia, procura-se, em paralelo, incre-

mentar a eficiência e sustentabilidade dos sistemas de saúde dos vários países, assim como promover a competitividade da economia e expansão da indústria a novos mercados. Estas estratégias procuram dar respostas às premissas do envelhecimento ativo e, concomitantemente, robustecer os diversos mercados de trabalho nacionais da Europa.

### Conceito Envelhecimento Ativo Atual

O conceito envelhecimento ativo atual é aplicado aquando da referência à participação e inclusão das pessoas idosas na comunidade como cidadãos, reconhecendo-lhes igualdade nos direitos civis. Compreende um processo de otimização de oportunidades para a participação social, saúde e para a segurança do indivíduo, de forma a promover a sua qualidade de vida à medida que envelhece [35]. Pressupõe que ao longo da vida haja uma rentabilização das potencialidades individuais, em termos físicos, sociais, mentais e de bem-estar. Durante a reforma, mesmo que sofra de alguma doença ou incapacidade, deverá continuar a participar ativamente na sociedade através da sua família, entre pares ou na comunidade. A qualidade de vida é passível de ser promovida se houver uma proteção adequada em termos de segurança e de cuidados de saúde (quando necessários). Deste modo, o envelhecimento ativo conjuga os conceitos qualidade de vida e bem-estar (subcategoria da qualidade de vida) físico, social e mental, ou seja, reporta-se à saúde (influenciada por fatores pessoais e ambientais e relacionada com a funcionalidade), independência (capacidade de realizar as atividades físicas diárias, com pouca ou nenhuma ajuda), autonomia (capacidade de tomar decisões para o seu quotidiano) e produtividade do indivíduo, à medida que

vai envelhecendo [35, 36, 41, 42]. A OMS indica oito determinantes no envelhecimento ativo, fatores individuais e externos que influenciam o processo de envelhecimento [24]:

- Pessoais - a biologia e genética e fatores psicológicos como a inteligência e a capacidade cognitiva.
- Comportamentais - atividades físicas, alimentação saudável, saúde oral, níveis de consumo de álcool e tabaco e de medicação tomada, assim como a adesão a um estilo de vida saudável. Considera-se também neste determinante os problemas de saúde induzidos por diagnósticos ou tratamentos (iatrogenia).
- Económicos - o rendimento, a proteção social e o trabalho.
- Relacionados com o ambiente físico - a segurança da habitação, qualidade da alimentação, da água e do ar.
- Relacionados com o ambiente social - o apoio social, a educação e alfabetização e a existência ou não de violência e maus-tratos.
- Relacionados com o sistema de saúde e de serviço social - a assistência a longo prazo, prevenção da doença e promoção da saúde, os serviços curativos e serviços de saúde mental.
- Transversais - que poderão ser uma condição indireta e que influenciam os restantes: as questões de género e a cultura.

Num plano mais amplo, também se considera a educação ao longo da vida como um determinante fundamental no envelhecimento ativo. Sabe-se que baixos níveis de escolaridade e elevados níveis de iliteracia tendem a associar-se não só a uma maior probabilidade de surgimento de incapacidade e de ocorrência de mortalidade à medida que o indivíduo envelhece, bem como a uma elevada taxa de desemprego. Nesta sequência,

o atual Plano de Implementação Estratégico para a Parceria Europeia de Inovação sobre o Envelhecimento Saudável e Ativo, publicado pela Comissão Europeia [43], procura dar resposta a todas essas premissas aventadas, convidando as diversas partes interessadas a comprometer-se no estabelecimento de ações específicas e também de ideias inovadoras no mercado de trabalho.

Verifica-se, deste modo, que as agendas políticas tanto nacionais como internacionais estão já a refletir estas preocupações. Respondendo às novas necessidades e identificando estratégias de atuação, celebrou-se em 2012 o Ano Europeu do Envelhecimento Ativo e da Solidariedade entre Gerações, tendo sido comemorado, no dia 29 de abril deste mesmo ano, o Dia Europeu da Solidariedade entre Gerações.

Este Ano Europeu procurou realçar a importância do contributo das pessoas idosas na sociedade e influenciar a elaboração das políticas no sentido de se gerar condições necessárias à promoção do envelhecimento ativo e do reforço da solidariedade entre gerações. Visou, assim, promover a dimensão do emprego das pessoas idosas, de forma a se criarem melhores perspectivas de empregabilidade; a dimensão da participação na sociedade, incitando a um reconhecimento, por parte desta, do contributo das pessoas idosas; e por fim, visou promover a dimensão da autonomia, estimulando essa capacidade nas pessoas idosas por um máximo período de tempo possível.

Neste sentido, a Comissão Europeia, em parceria com a *AGE Platform Europe* e com o Comité das Regiões da União Europeia [44], publica um documento que enfatiza a atuação dos atores locais e regionais. Aborda-se a promoção do envelhecimento ativo divulgando projetos europeus já consolidados e que sirvam de exemplo a novas iniciativas nas seguintes áreas:

- Envelhecimento saudável associado ao conceito independência.
- Emprego.
- Sociedade.
- Solidariedade entre gerações.

No que respeita à promoção do envelhecimento ativo no emprego, consideram-se os tópicos seguintes:

- Estimular novas competências nas pessoas idosas.
- Desenvolver serviços inovadores de apoio ao emprego de profissionais idosos.
- Fomentar boas práticas para um envelhecimento ativo no local de trabalho.

Quanto à promoção na sociedade, procura-se identificar protocolos de como:

- Desenvolver atividades de voluntariado para pessoas idosas.
- Assegurar uma cidadania ativa das pessoas idosas.
- Facilitar redes sociais e apoiar prestadores de cuidados informais.

No que concerne ao seu fomento, a par do envelhecimento saudável e da independência, sugere-se como:

- Prevenir a dependência.
- Apoiar com soluções tecnológicas uma vida independente.
- Promover qualidade na saúde e nos cuidados continuados.
- Implementar infraestruturas físicas e de transporte acessíveis.

Por fim, quanto à promoção do envelhecimento ativo na solidariedade entre gerações, aponta-se como:

- Promover a intergeracionalidade.
- Facilitar a compreensão entre gerações.
- Promover a diversidade etária no emprego e na economia.

Deve, então, fomentar-se um equilíbrio entre a responsabilidade pessoal (autocuidado), ambientes adequados e solidariedade intergeracional.

## Estratégias de Promoção do Envelhecimento Ativo

O progressivo envelhecimento na estrutura demográfica da população mundial tornou como prioritária uma tomada de posição que faça face às iminentes mudanças sociais e económicas [21]. As respostas devem incidir nas estruturas dos sistemas de saúde, segurança social, financeiro e educativo, dos mercados de trabalho, assim como na integração dos indivíduos migrantes [45]. Promover a adesão a terapias de longa duração, aconselhar utentes na toma da medicação, prevenir quedas através de soluções de monitorização inovadoras ou utilizar ferramentas de diagnóstico para identificar condições de vulnerabilidade, reveste-se de um papel essencial para o desenvolvimento de uma sociedade europeia que promova o envelhecimento ativo e saudável. Contudo, urge uma mudança na perspetiva como se encaram as pessoas idosas, que implica uma transformação de atitudes e que se refletirá numa sociedade diferente.

Se ao aumento da esperança média de vida está associado um envelhecimento saudável e se as pessoas idosas continuarem a apreciar o quotidiano e a contribuir para a sociedade e para o mercado de trabalho, haverá uma redução na pressão dos sistemas de saúde, de segurança social e financeiro e, conseqüentemente, um aumento do orçamento público [45]. Os países europeus podem prevenir o colapso destes mesmos serviços assegurando que a pirâmide populacional não se torna uma ameaça, mas sim um ponto de crescimento, de sucesso

e de coesão social. Dado que se pretende aumentar o número de anos de vida saudáveis, deve-se, deste modo, incidir o foco de atuação em medidas de custo-benefício que tenham grande impacto na saúde dos indivíduos e na economia das sociedades.

As alterações demográficas não são somente um fenómeno europeu. A Europa poderá estar a par de uma oportunidade única para se tornar um líder mundial no que concerne ao envelhecimento ativo e saudável. Desde fornecer padrões inovadores de influência no comportamento e no estilo de vida dos indivíduos de todas as idades, partilhar conhecimento em como se desenvolver cidades amigas da pessoa idosa (cidades que adaptam as suas estruturas e os seus serviços para que estes sejam acessíveis e promovam a inclusão das pessoas idosas com diferentes necessidades e graus de capacidade) [46], até à produção de serviços e bens para o mercado global, o crescente envelhecimento demográfico (a par de um envelhecimento ativo) pode revestir-se de uma grande oportunidade económica em termos europeus e mundiais [45]. As respostas à necessidade de novos serviços ou bens, passando pelos cuidados personalizados e pelas tecnologias amigáveis, bem como outras soluções que permitam uma vida saudável e autónoma, inserem-se num mercado em franca expansão e que conduzam a novas formas de crescimento económico.

É neste sentido que Ahtonen [45] considera imprescindível incrementar as seguintes cinco ações:

- Aumentar a esperança média de vida saudável.
- Desenvolver de ambientes amigos das pessoas idosas.
- Aumentar a idade de reforma e da participação no mercado de trabalho.
- Desenvolver um mercado europeu dire-

cionado a serviços e bens relacionados com a saúde.

- Envolver os cidadãos europeus nas anteriores ações, incluindo no seu período de transição.

No cerne destas recomendações reside, de forma indubitável, a percepção de que a população idosa representa um potencial mercado e, conseqüentemente, uma grande oportunidade para a Europa.

No entender de Walker [47], uma estratégia efetiva e eficaz para a promoção do envelhecimento ativo deve considerar uma ligação forte e real entre o cidadão e a sociedade. Neste sentido, indica sete princípios interligados que estiveram na base da elaboração de estratégias de incentivo a um envelhecimento ativo:

- Fomentar as atividades - as atividades contribuem para o bem-estar do indivíduo, com efeitos na família, comunidade e sociedade. A promoção das atividades pode não implicar remunerações. É vista num sentido mais lato, que não reduzida somente ao aspeto laboral.
- Incluir todas as pessoas idosas - sejam jovens-idosas ou muito-idosas (mesmo que se encontrem mais vulneráveis e dependentes).
- Promover ações de carácter preventivo - incidir em aspetos preventivos e não somente nos compensatórios. Assim, a intervenção deve realizar-se ao longo do ciclo de vida e não apenas na velhice. A par das medidas necessárias para quem já se encontra nessa fase, deve dar-se ênfase à prevenção de doenças, incapacidades e dependência nos indivíduos mais novos.
- Promover a solidariedade intergeracional - esta assume particular importância na efetivação de um envelhecimento ativo. Pressupõe igualdade entre gera-

ções e o desenvolvimento de atividades que percorram as diferentes faixas etárias. Implica o futuro de todos os indivíduos, que deverá ser trabalhado no sentido de ser saudável e equilibrado.

- Estabelecer direitos e obrigações - os direitos dos indivíduos (como o direito à proteção social ou à educação ao longo da vida) implicam também obrigações. O envelhecimento ativo pressupõe a manutenção desses direitos e obrigações, se bem que por vezes se torna difícil estabelecer um equilíbrio nas políticas gizadas.
- Promover a participação e investir no empoderamento (*empowerment*) pessoal - as estratégias devem motivar e dar oportunidades aos indivíduos para serem ativos e permitir que desenvolvessem as suas formas de atividades.
- Respeitar a cultura e diversidades nacionais - consoante o país, as formas de participação diferem. Uma estratégia de envelhecimento ativo que se pretenda global, desenhada para um leque de países, deve ter em conta essas diferenças. Se num país agir de determinada forma é considerado um passo na promoção das atividades, noutro já poderá ser o seu oposto.

Alinhados com o conceito envelhecimento ativo, a OMS [48] apresenta dez determinantes sociais da saúde ao longo da vida e, conseqüentemente, dez áreas passíveis de intervenção multidimensional quer a nível individual quer a nível comunitário e social:

- Classe social de pertença.
- Bem-estar nos primeiros anos de vida.
- Evidência ou não de exclusão social.
- Tipo de apoio social tido.
- Natureza do trabalho que se exerce.
- Taxa de desemprego.

- Nível de *stress* sentido.
- Existência ou não de dependências (tóxicos).
- Tipo de alimentação ingerida.
- Tipo de transporte utilizado.

No Plano Estratégico de Implementação da Parceria Europeia de Inovação para o Envelhecimento Ativo e Saudável [43] consideram-se, num plano de ação conjunto, três fases de trabalho no que concerne ao enfoque das estratégias de promoção de um envelhecimento ativo em geral [49]:

- Prevenir, triar e diagnosticar precocemente potenciais problemas.
- Cuidar e tratar.
- Adotar um estilo de vida ativa e saudável.

Seja através de estratégias de natureza preventiva ou de natureza corretiva, a promoção de um envelhecimento ativo deverá então ter como ponto de partida a consciencialização dos indivíduos. A compreensão dos benefícios tanto da prevenção como da compensação, refletir-se-ão num possível aumento da qualidade e esperança média de vida. É importante entender que a adoção de um estilo de vida saudável e o desenvolvimento de uma rede social de suporte, por exemplo, pode aumentar o nível de bem-estar individual. Com o avançar da idade, o indivíduo pode redirecionar e ajustar as suas capacidades e o controlo relativo da sua vida para atividades que lhe sejam exequíveis e gratificantes.

São estratégias que podem ter por base uma natureza atenuadora, mas também preventiva, evitando situações de risco. Neste âmbito, as estratégias de intervenção procuram atuar na dimensão estrutural, social, familiar e individual. Algumas compreendem ações de carácter governamental, adoção de medidas políticas relativas ao envelhecimento e que têm repercussões em termos

estruturais, sejam de proteção jurídica e fiscal, de segurança social ou de saúde. Outras reportam-se às redes sociais e familiares, que podem ser fomentadas pelos indivíduos e que funcionam como redes de suporte.

Estas estratégias relacionam-se com o que Schulz e Heckhausen [50] denominam controlo primário: ações dos indivíduos no meio externo, de forma a suprir as suas necessidades e desejos. Outras ainda, respeitantes a ações com repercussões em termos individuais, como a mudança de mentalidade, a aquisição de mais informação útil e realista ou o munir-se de competências para enfrentar situações problemáticas (como desemprego ou divórcio). Relacionadas com a noção de controlo secundário desenvolvida por Schulz e Heckhausen [50], estas estratégias implicam o desenvolvimento da capacidade dos indivíduos para gerirem as suas emoções, motivações e conhecimentos, para que assim possam lidar com os ganhos e perdas relacionadas com as alterações que ocorrem na sua vida a nível estrutural, social e familiar. Visam pois, mudanças pessoais, internas e de empoderamento.

As estratégias de intervenção para o envelhecimento ativo podem estar inseridas no contexto do mercado de trabalho, sistema de saúde, sistema de segurança social, sistema de educação e no contexto da comunicação social, devendo dar-se particular destaque ao tão pugnado contacto intergeracional.

## Mercado de Trabalho

As políticas empresariais podem combater atitudes e conflitos intergeracionais em contexto laboral (assegurando que os trabalhadores mais velhos não são ostracizados ou negligenciados na progressão da carreira), mas também podem promover um envelhecimento ativo. As medidas devem visar,

essencialmente, a adoção de um estilo de vida saudável por parte de todos os trabalhadores ao longo da sua vida profissional.

As próprias instituições ou empresas podem promover esta vertente através da otimização do processo e da organização de trabalho. Já começa a ser prática corrente em algumas garantir a realização de exames de rotina para detetar precocemente possíveis doenças como, por exemplo, análises ao sangue, observação por um médico de clínica geral, exames oftalmológicos ou aconselhamento nutricional. Porém, assegurar que o indivíduo trabalha em condições adequadas passa também pela organização do local e das práticas laborais como, por exemplo, analisar os potenciais riscos profissionais (seja em termos materiais, seja em termos ergonómicos), atestar planos de emergência relativos às condições de segurança ou incluir os trabalhadores em seguros de trabalho. Desta forma, poder-se-ão colmatar eventuais descuidos individuais através destas práticas de higiene e segurança laborais.

Uma das principais estratégias adotadas no contexto de mercado de trabalho passa pela criação de oportunidades de formação durante a vida ativa (de forma a que as pessoas idosas possam requalificar os seus conhecimentos), pela adoção de metodologias e especificidades das tarefas ao perfil do trabalhador (por exemplo, quando é exigido conhecimento obtido pela experiência) e pela adoção de medidas que compensam eventuais discriminações já sentidas pelos trabalhadores com mais idade (por exemplo, atribuição de tarefas mais adequadas, flexibilidade e ajustamento do horário de trabalho ou reforma parcial).

É comum verificar-se uma passagem abrupta da vida ativa para uma rotina mais doméstica por parte dos trabalhadores que então passam à condição de reformados. Enquanto que no local de trabalho o indi-

víduo tem um valor associado à função que desempenha e na qual estabelece relações profissionais e sociais com colegas, em contexto domiciliar já não existe esse reconhecimento e nem essa interação. É possível que tais circunstâncias conduzam à sobrevalorização da época em que trabalhava, considerando que a velhice é uma fase de inabilidade. Para que essa mudança não ocorra de modo tão severo, a transição da vida ativa para a reforma também pode processar-se de forma faseada. Uma saída progressiva, com redução, por exemplo, do número de horas de trabalho, em simultâneo com a inserção noutras atividades de cariz mais alargado e prestadas ainda no âmbito laboral. A participação em ações de apoio à comunidade é um bom exemplo do que pode ser feito. Deste modo, a desvalorização não é tão sentida, dando lugar, inclusive, ao reconhecimento por parte das pessoas da comunidade; além disso, podem abrir outras portas para o desenvolvimento de atividades posteriores (após a reforma), rentabilizando os seus conhecimentos.

A sensibilização dos restantes colegas pode ter lugar através de ações que procurem ajudar os trabalhadores de todas as idades a lidar e resolver conflitos em conjunto. Assim, a intergeracionalidade é fomentada, todos participam com as suas opiniões. Também a prática desportiva em conjunto pode cumprir esse objetivo: permite não só o convívio entre os trabalhadores de diferentes gerações, como também acaba por desenvolver capacidades físicas e cognitiva em termos individuais.

## Sistema de Saúde

O crescente envelhecimento populacional, associado à promoção do envelhecimento ativo coloca um desafio aos diversos siste-

mas de saúde: adequar os atuais cuidados de saúde às crescentes situações de doenças crónicas potencialmente incapacitantes dos cidadãos.

Por este motivo, a adequação dos cuidados de saúde às doenças crónicas reveste-se de uma estratégia de natureza corretiva (ou atenuadora), mas também preventiva. A existência de consultas obrigatórias e gratuitas nos sistemas de saúde para todos os indivíduos pode ser um exemplo, a fim de que se possam fazer rastreios e informar sobre a adoção de um estilo de vida saudável. Estas condições assumem particular relevância para pessoas que não tenham possibilidades financeiras e que se sintam mais desamparadas socialmente. Estas consultas devem ter uma periodicidade menor no caso das pessoas idosas para que a vigilância médica seja eficaz.

Também pode assumir-se o acompanhamento aos utentes idosos por parte de um elemento afeto ao hospital ou centro de saúde. Esse elemento não é necessariamente um profissional de saúde, mas alguém em regime de voluntariado, e que assista a pessoa idosa nas suas necessidades físicas e emocionais (muitas vezes desorientado e sem saber o que esperar). Acompanhante esse que tanto pode ser jovem como idoso. Em ambas as situações, contribui-se para a intergeracionalidade: se for jovem, entra em contacto com gerações mais velhas, tomando conhecimento das suas realidades; se for idoso, é visto como um elemento de participação ativa. O contacto entre as gerações corrige, igualmente, algumas ideias erradas. Para além das vantagens da intergeracionalidade, se esse acompanhamento voluntário for feito por pessoas que têm muito tempo livre devido à reforma, traduz-se não só numa valorização por parte dos mais novos, mas também numa autovalorização.

Uma estratégia de carácter preventivo, com vista à promoção do envelhecimento

ativo, é o desenvolvimento de campanhas de educação informal junto da população. Equipas constituídas por profissionais de saúde podem organizar-se para fornecer informação sobre o processo de envelhecimento às diferentes faixas etárias. Essas equipas podem, assim, deslocar-se a escolas do ensino pré-escolar até ao superior, mas também a empresas, fábricas ou associações recreativas. Nestas equipas podem estar incluídas pessoas idosas voluntárias, reformadas, que relatem a sua experiência e mostrem aos mais novos a diferença que um estilo de vida saudável pode assumir na saúde dos indivíduos ao longo da vida. Na lista das instituições a realizar as campanhas informais pode também incluir-se os equipamentos gerontológicos com as suas diferentes respostas sociais.

Ainda no âmbito do sistema de saúde, podem desenvolver-se programas que apoiem as famílias e restantes prestadores de cuidados informais. São os indivíduos mais idosos que, em geral, tendem a desempenhar esse papel. Neste sentido, os programas devem dotar os prestadores de cuidados informais de conhecimentos importantes para lidarem com a situação de doença (apoio jurídico, psicológico, económico ou social), assim como oferecer serviços (por exemplo, nos centros de saúde) para quando os cuidados informais às pessoas idosas já não forem suficientes.

Por fim, de forma a identificar possíveis melhorias nos respetivos sistemas de saúde, devem comparar-se os diferentes sistemas de apoio à população idosa nos diferentes países.

## Sistema de Segurança Social

Os sistemas de segurança social são meios cruciais para se concretizarem políticas governamentais. Devem atuar com base no

eixo individual, mas também comunitário, abrangendo medidas preventivas e corretivas (ou atenuadoras). As medidas devem permitir a autonomia possível, seja no domicílio ou nas instituições, assim como facilitam as atividades e a participação.

No que respeita a medidas corretivas (ou atenuadoras), a atribuição de subsídios é a mais recorrente. Deste modo, a atribuição de um rendimento básico para todos os indivíduos a partir dos 65 anos, no caso de, mesmo não se situando nos últimos escalões de rendimentos, passem ainda assim por dificuldades económicas comprovadas, é um exemplo. Esta contribuição será algum garante de estabilidade financeira e com possíveis repercussões diretas na saúde. Uma vez que a situação de precariedade tende a aumentar a vulnerabilidade das pessoas viúvas, pode considerar-se o mesmo critério em relação à atribuição de um subsídio de viuvez, que deve assumir valores mais elevados nas situações referidas. A atribuição destes subsídios acarreta uma outra vantagem: as pessoas idosas mais desfavorecidas economicamente tenderão para uma maior autonomia e não sobrecarregarão os filhos com despesas nem ficarão dependentes deles.

Uma outra estratégia no âmbito do sistema de segurança social é a promoção de programas que envolvem a criação ou alargamento das redes sociais das pessoas idosas. Considera-se a muita importância da pertença a uma rede social, pelo que a promoção da interação com a vizinhança e de integração em atividades das associações locais é essencial. Este contacto intergeracional pode contribuir para a alteração das ideias negativas e também das que, sendo vezes positivas, se consideram irrealistas. A interação entre as gerações desmistifica, deste modo, concepções menos exatas sobre o envelhecimento e sobre a velhice.

As estratégias apresentadas inserem-se no plano das medidas corretivas (ou atenuadoras), tentando suprir necessidades sentidas e diminuir dificuldades existentes. Contudo, há um outro nível que também deve ter lugar no âmbito do sistema de segurança social, o da antecipação e precaução de dificuldades e, em particular, as relacionadas com o envelhecimento e com a velhice.

Neste sentido, para que os indivíduos possam fazer frente a uma possível situação difícil, devem existir gabinetes que trabalhem diretamente com os mesmos, onde serão ajudados e sensibilizados por profissionais qualificados para a identificação de futuros fatores de risco, quer pessoais quer profissionais e económicos. A criação destes serviços de aconselhamento devem ter lugar em organismos públicos locais, uma vez que são instituições de fácil acesso e adaptadas às características da população que servem. Estas medidas vão ao encontro do conceito envelhecimento ativo, que considera a promoção da segurança e da saúde física e mental. Os problemas de crise interna decorrente da vulnerabilidade do indivíduo e gerada pelo desemprego ou divórcio, podem ser atenuados e prevenidos em situações futuras.

## Sistema de Educação

Algumas investigações sugerem que a prestação de cuidados de saúde por parte dos profissionais difere consoante a idade do beneficiário, refletindo-se também em distintos padrões de comunicação [51, 52, 53, 54]. Em geral, a qualidade da comunicação tende a piorar quanto mais velho for o utente. Verifica-se também que, por vezes, as pessoas idosas são mal diagnosticadas ou não têm um atendimento médico apropriado, considerando-se que os sintomas são característicos 'da idade'. Apesar de se referir

concretamente à realidade dos Estados Unidos da América, Cuddy e Fiske [55] observaram, inclusive, a negação de prestação de alguns serviços por parte dos profissionais de saúde, por as pessoas idosas manifestarem doenças irreversíveis ou por considerarem que os recursos devem direcionar-se para as mais jovens.

Neste sentido, tanto o currículo de formação dos futuros profissionais de saúde como o de requalificação profissional devem incluir aspetos relacionados com o envelhecimento normal e o patológico, mas também o ativo, alertando para eventuais diagnósticos equivocados associados ao idadismo [9, 10]. A transmissão desta informação não deve somente ter lugar numa fase mais avançada, como é o caso do ensino superior ou nos programas de requalificação profissional, mas desde o início da formação escolar dos indivíduos. Pode trabalhar-se com as crianças do ensino pré-escolar e escolar, seja a nível das atitudes e crenças individuais negativas sobre o envelhecimento, seja das coletivas. Sabe-se que têm impacto nas hipóteses e escolhas dos indivíduos ao longo da vida, em particular na opção pela futura profissão.

Alguns estudos apontam para uma relação entre as crenças pessoais de autoeficácia e o tipo de compromisso pessoal e motivação para realizar atividades para um envelhecimento ativo [56]. Uma das estratégias passa pela autovalorização destes indivíduos. Essa valorização tem lugar no aproveitamento da experiência das pessoas idosas no sistema educativo, seja em *workshops* que impliquem os seus conhecimentos seja em dar o seu testemunho em aulas temáticas ou palestras.

A ideia de uma pessoa idosa reformada (ou não) poder exercer um papel semelhante ao de tutor ou conselheiro dos mais jovens, em regime de voluntariado, também pode ser uma estratégia adotada. Para além de se

reforçar a autoestima, o sentimento de utilidade e a integração social, esta partilha de experiência pode resultar numa mudança de atitudes em ambos os sentidos: os mais velhos sentem-se valorizados e têm oportunidade de adquirir outros conhecimentos (como usar as novas tecnologias disponíveis nos equipamentos escolares) no contacto com os mais novos; estes contactam com as gerações mais velhas, modificando crenças e atitudes pouco exatas em relação às pessoas idosas.

Por outro lado, a criação, nas escolas, de programas de voluntariado para jovens junto da população idosa permite mais um eixo de convivência intergeracional. Entende-se que tomar contacto com a realidade da população mais velha por parte dos jovens voluntários possa ser um bom veículo e base de formação junto dos mais novos.

Há, assim, que desenvolver atividades para além do contexto de trabalho e da família, por forma a rentabilizá-las em período de desemprego ou, mesmo mais tarde, na reforma (velhice). Deste modo, a criação de planos de formação contínua profissionalizante ou de aprendizagem de outras atividades que possam ser aproveitadas de forma rentável teriam dois objetivos: consciencializar os indivíduos de que não há um emprego para toda a vida e dotá-los de mais competências e ferramentas de trabalho, entre os períodos de emprego e desemprego. A aprendizagem de outras atividades, como manualidades, agricultura ou jardinagem podem ser possíveis passatempos, mas também dota os indivíduos de ferramentas para auferir mais rendimentos em caso de necessidade.

Também em termos de investigação académica há um caminho a percorrer. Apesar de se verificar um aumento demográfico da população idosa e, conseqüentemente, do número de prestadores de cuidados infor-

mais, o idadismo continua presente nas intervenções individuais e profissionais dirigidas às pessoas idosas [10, 57]. Não só são de evitar as premissas idadistas que por vezes servem de base a alguns estudos acadêmicos, mas também se deve assegurar que o conhecimento obtido é aplicado na intervenção junto da comunidade. Estudos esses que devem passar por uma forte ligação à população, adotando-se medidas concretas decorrentes dos resultados.

Também deve ser contemplada a criação de programas ou cursos livres nas universidades, tanto de natureza preventiva como corretiva (ou atenuadora), que abordem questões relacionadas com o processo de envelhecimento e a manutenção ou promoção de um estilo de vida saudável. Deste modo, algumas conceções menos exatas sobre a velhice são ser corrigidas e fomentam-se práticas adequadas de promoção da saúde (e, consequentemente, do envelhecimento ativo).

## Comunicação Social

A comunicação social é um dos principais veículos de informação das sociedades, na qual as crenças sobre as pessoas idosas tendem a revestir-se de uma natureza negativa.

Desde televisão (séries ou concursos), jornais (notícias ou reportagens), rádio, às várias formas de arte (por exemplo, cinema, teatro, dança, pintura, escultura ou literatura), a referência a personagens idosas é feita no sentido depreciativo, retratando-as como tendo um problema de saúde que as debilita, de algum modo dependentes e pouco competentes [3]. Por exemplo, no que respeita à publicidade, só se verifica a sua presença em anúncios de cuidados de higiene, de saúde ou de seguros ou condomínios para a terceira idade, sendo excluídos totalmente na

publicidade ao vestuário, eletrodomésticos, produtos de higiene e limpeza domésticos, automóveis, entre outros.

Uma vez que o perfil dos espectadores dos programas que têm lugar na parte da manhã, nos canais generalistas, é essencialmente constituído por pessoas idosas e pelas que estão em casa, esses programas devem transmitir informações relevantes sobre o processo de envelhecimento normal e que não incidam somente nas doenças e hábitos de prevenção muito específicos (como geralmente acontece).

Também a existência de concursos que impliquem a presença de mais de duas gerações ou programas participados por várias faixas etárias que discutam questões relacionadas com o envelhecimento ativo, podem desmistificar alguns mitos sobre a velhice.

Nas séries, as personagens idosas tendem a apresentar vulnerabilidades, em particular do foro físico (com alguma doença) ou sensorial (ouvir ou ver mal). Pode passar-se outra mensagem, retratando as pessoas idosas como indivíduos que têm as suas especificidades, como outros quaisquer. Por outro lado, deve desmistificar-se a velhice no sentido inverso: os programas dirigidos às crianças e aos adolescentes podem também focar as características do processo de envelhecimento, o que na atualidade não se verifica.

A comunicação social pode chamar à atenção para a importância da promoção de um envelhecimento ativo através da inclusão em suplementos de reportagens sobre o processo de envelhecimento ou de programas que abordem estes temas e onde as pessoas idosas possam passar o seu testemunho (e discussão aberta, por exemplo) aos ouvintes.

Torna-se, portanto, importante humanizar a figura da pessoa idosa, pois esta é vista, muitas vezes, como alguém distante do quotidiano dos outros indivíduos. A conscien-

cialização da sua contribuição passada e presente na sociedade, do seu papel na família e na rede social, da validade dos seus ganhos, perdas e preocupações, pode ter lugar nos meios de comunicação social, com benefícios evidentes para todos.

## O Envelhecimento Ativo em Portugal

Em Portugal verifica-se a existência de várias medidas, já tomadas e implementadas, no sentido da promoção de um envelhecimento ativo no que diz respeito ao sistema de saúde como ao de segurança social.

O Serviço Nacional de Saúde português (SNS) envolve todos os cuidados integrados de saúde, como promoção e vigilância, prevenção da doença, diagnóstico e tratamento e reabilitação médica e social [58]. São entidades públicas prestadoras de cuidados de saúde os estabelecimentos hospitalares (independentemente da sua designação), as unidades locais e os centros de saúde. Inserido na Estratégia Nacional para a Proteção Social e Inclusão Social (2008 - 2010) [59], delineada pelo Ministério do Trabalho e da Segurança Social, o tópico promover o envelhecimento ativo e com qualidade e prevenir e apoiar a dependência, preconiza o desenvolvimento de programas nacionais de prevenção e controlo de doenças.

O SNS contempla a consolidação da Rede Nacional de Cuidados Continuados, com respostas intermédias entre os centros de saúde e hospitais. No que respeita aos serviços de apoio domiciliário, este é prestado por equipas especializadas e beneficia ainda um leque muito pequeno da população. A implicação dos indivíduos jovens e idosos na prestação de alguns cuidados na área de atuação dessas equipas especializadas deve ser considerada. No caso das atividades não

voluntárias (pagas) por parte de pessoas com mais de 65 anos, os impostos tributados ao rendimento auferido deverão ser menores, de forma a estimular a sua participação na sociedade.

No que concerne ao sistema de segurança social existe atualmente o Complemento Solidário para Idosos [60, 61], dinamizado pelo Instituto da Segurança Social, para indivíduos carenciados. Trata-se de um apoio económico mensal (comparticipação financeira parcial para despesas com medicamentos não comparticipadas pelo Estado, para aquisição de óculos e lentes, a cada 2 anos, para aquisição e reparação de próteses dentárias removíveis a cada 3 anos e um cheque dentista; ainda, um apoio social extraordinário ao consumidor de energia: tarifa social de eletricidade e tarifa social do gás natural). Todas as pessoas idosas e pensionistas, que residam em Portugal há pelo menos 6 anos, com baixos rendimentos e 65 anos ou mais, têm direito a este complemento. Contudo, há uma considerável percentagem da atual população idosa portuguesa que, apesar de auferir parcos rendimentos, não tem direito a receber este apoio.

No que respeita ao domínio da habitação, existe o Programa de Conforto Habitacional para Pessoas Idosas [62], também dinamizado pelo Instituto da Segurança Social e inserido no Plano Nacional de Ação para a Inclusão, que visa o melhoramento das condições básicas de habitabilidade e mobilidade de pessoas idosas que usufruam de serviços de apoio domiciliário. Tem como fim evitar a sua institucionalização e dependência e destina-se a pessoas com 65 ou mais anos, cujo rendimento mensal *per capita* seja igual ou inferior ao valor indexante dos apoios sociais, que vivam em habitação própria, usufruam de apoio domiciliário e residam sozinhas ou coabitem com pessoas idosas, menores ou portadoras de deficiência.

Contudo, apenas quem auferir rendimentos muitíssimos baixos é que tem direito a beneficiar desta medida.

Em Portugal comemora-se o Dia Europeu dos Vizinhos (31 de maio), uma iniciativa das Juntas de Freguesia e Câmaras Municipais por forma a fomentar a criação de laços de amizade. Neste seguimento, a projeção de mais espaços lúdicos comuns para promoção de atividades de recreio ou de convívio intergeracional é um exemplo, tendo lugar numa instituição de cariz comunitário onde se desenvolvam projetos que impliquem interação entre diferentes idades, um jardim ou equipamento desportivo.

Ainda no que respeita às Juntas de Freguesia ou Câmaras Municipais, podem criar-se serviços de apoio orientados principalmente para pessoas idosas vítimas de abusos ou maus-tratos físicos e psicológicos, em paralelo com a sensibilização dos profissionais e da comunidade para os problemas específicos destas idades. Apesar de a Associação Portuguesa de Apoio à Vítima (APAV) prestar este serviço, não é especificamente direcionado para as características da população idosa. Há já, também, em Portugal, unidades de consulta psicológica para pessoas idosas que se considerem vítimas de maus-tratos e negligência. A extensão do seu âmbito de atuação às instituições locais (Juntas de Freguesia ou Câmaras Municipais) de todo o território nacional assume particular relevância.

Em relação ao sistema de educação (informal), verifica-se um surgimento exponencial de universidades de terceira idade, cada vez mais procuradas e frequentadas por uma faixa populacional antes vetada à esfera domiciliar ou circunscrita ao círculo de amigos para acesso a partilhas de experiências e a novas aprendizagens.

## Conclusão

Considerando que o estilo de vida adotado e os contextos em que se vive e trabalha influenciam a condição de saúde dos indivíduos, as estratégias de intervenção devem pressupor tanto ações individuais como ações comunitárias/sociais, e que deverão refletir-se em [48]:

- Mais indivíduos a participarem ativamente em termos sociais, culturais, económicos e políticos, em atividades remuneradas ou não, e no meio domiciliário, familiar ou comunitário.
- Menos óbitos prematuros durante as fases da vida produtiva.
- Mais indivíduos a viverem com qualidade de vida ao longo do seu processo de envelhecimento.
- Menos incapacidades associadas a doenças crónicas na velhice.
- Menos custos nos tratamentos e serviços médicos.

Estas questões surgem como muito relevantes, não somente pelo progressivo fenómeno de envelhecimento demográfico, mas simultaneamente pelo seu peso individual e social. As múltiplas transformações demográficas e sociofamiliares que atualmente decorrem revestem-se de um cariz particular, nomeadamente pelo crescente envelhecimento da população, pelo aumento da esperança média de vida e pelo aumento do número de pessoas muito-idosas que podem participar na sociedade e em várias áreas.

Níveis mais elevados de escolaridade, de posses financeiras e de interação social tendem a relacionar-se com uma melhor condição de saúde e uma maior longevidade. No entanto, as circunstâncias em que o envelhecimento ocorre dependem, em grande medida, da forma como são vivenciadas pelo indivíduo, designadamente no

que respeita ao equilíbrio que encontra entre perdas e ganhos e que se reflete, também, na qualidade das suas relações intergeracionais e no nível de participação na sociedade adotado [50, 63]. Existem formas diferenciadas de lidar com o processo de envelhecimento que podem ajudar a promover os ganhos e a favorecer o envelhecimento ativo [22, 27].

O envelhecimento, e por conseguinte a velhice, se forem oportunamente preparados ao longo da vida, poderão antever as situações geralmente referidas como de *stress*: a saúde e o funcionamento físico e fisiológico e os problemas pessoais, familiares e sociais. Por este motivo, e para que o envelhecimento seja ativo e, concomitantemente, 'bem-sucedido', as competências adaptativas devem estar presentes nas suas várias dimensões. Essas competências são, assim, inseparáveis de todo o processo, pois permitem ao indivíduo responder com flexibilidade aos desafios que vão surgindo, sejam eles socioeconômicos, físicos, ambientais, relacionais ou emocionais.

Urge, por isso, a necessidade de concretização de um maior número de iniciativas que promova uma alteração de paradigma quer a nível social quer a nível individual, e onde a tecnologia assumirá um lugar de destaque. Tecnologia essa cuja forma de desenvolvimento, seja de serviços em geral ou produtos em particular, deverá revestir-se de uma natureza holística: enquanto utilizadores finais, as participações dos indivíduos (e seus contextos) devem ser contempladas em todas as fases de desenvolvimento dos sistemas e serviços concebidos.

Imbuído nesta dinâmica de sistema inteligente de inovação, surge o conceito *Living Usability Lab* (LUL), com o propósito de adequar a tecnologia desenvolvida ao indivíduo (e seus contextos específicos) ao longo de todo o seu ciclo de vida, melhorando a qualidade de vida através de uma assistência

segura e ajustada. Procura-se, deste modo, promover a presença do exercício da autonomia e da independência no quotidiano do indivíduo e, conseqüentemente, o ajuste e a consolidação das suas competências adaptativas no seu processo de envelhecimento ou durante a fase da velhice.

Esta premissa de desenvolvimento de tecnologia assiste, na sua totalidade, a ambicionada mudança a nível individual e no tecido social na qual se sustentou o Ano Europeu do Envelhecimento Ativo e da Solidariedade entre Gerações, pelo que surge como mais um contributo para a pretendida efetivação do conceito envelhecimento ativo.

## REFERÊNCIAS

1. Motta M, Bennati E, Ferlito L, Malaguarnera M, Motta L. Successful Aging in Centenarians: Myths and Reality. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2005; 40: 241-251.
2. Pratt M, Norris J. *The Social Psychology of Aging*. Oxford: Blackwell; 1995.
3. Atchley R, Barusch A. The Scope of Social Gerontology. In: Atchley R, Barusch A, editors. *Social Forces and Aging: an Introduction to Social Gerontology* (10th ed.). Belmont: Wadsworth/Thomson Learning; 2004; 2-23.
4. Netto M, Borgonovi N. Biologia e Teorias do Envelhecimento. In: Netto M, org. *Gerontologia: A Velhice e o Envelhecimento em Visão Globalizada*. São Paulo: Editora Atheneu; 1996; 44-59.
5. Novoa J, Bouza J, Sarmiento R, Nuñez J. Biología del Envejecimiento. In: Núñez J, Llera F, Casado J, editors. *Geriatría desde el Principio*. Barcelona: Editorial Glosa; 2001; 15-38.
6. Schroots J, Birren J. A Psychological Point of View toward Human Aging and Adaptability. 9th International Conference of Social Gerontology; Quebec; 1980.
7. García MJ. El Tabú de la Vejez. In: Yubero S, Latorre J, Montañes J, Larrañaga E, coordinators. *Envejecimiento, Sociedad y Salud*. Cuenca: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla - La Mancha; 1999; 149-182.

8. McPherson B. *Aging as Social Process: An Introduction to Individual and Population Aging* (2nd ed.). Toronto: Butterworths; 1990.
9. Butler, R. Ageism: Another Form of Bigotry. *The Gerontologist*. 1969; 9: 243-246.
10. Palmore, EB. *Ageism: Negative and Positive* (2nd ed.). Nova York: Springer Publishing Company, Inc.
11. Stuart-Hamilton I. *Psicología del Envejecimiento*. Madrid: Ediciones Morata, S.L.; 2002.
12. Fernández-Ballesteros R. *Gerontología Social: Introducción*. In: Fernández-Ballesteros R, editor. *Gerontología Social*. Madrid: Ediciones Pirámide; 2000; 31-54.
13. Llera F. *Patología del Envejecimiento*. In: Núñez J, Llera F, Casado, J, editors. *Geriatría desde el Principio*. Barcelona: Editorial Glosa; 2001; 87-102.
14. Birren J, Schroots J. *History, Concepts, and Theory in the Psychology of Aging*. In: Birren J, Schaie K, editors. *Handbook of the Psychology of Aging* (4th ed.). San Diego: Academic Press; 1996; 3-23.
15. Montorio I, Izal M. *Cambios Asociados al Proceso de Envejecimiento*. In: Izal M, Montorio I, editors. *Gerontología Conductual: Bases para la Intervención y Ámbitos de Aplicación*. Madrid: Editorial Síntesis; 1999; 33-66.
16. Vincent J. *Ageing Contested: Anti-Ageing Science and the Cultural Construction of Old Age*. *Sociology*. 2006; 40(4): 681-698.
17. Deep C, Vahia I, Jeste D. *The Intersection of Mental Health and Successful Aging*. *Psychiatric Times*. 2007; 24(13): 1-2.
18. Duay D, Bryan V. *Senior Adults' Perceptions of Successful Aging*. *Educational Gerontology*. 2006; 32: 423-445.
19. Lupien S, Wan N. *Successful Ageing: From Cell to Self*. *The Royal Society of London, Biological Sciences*. 2004; 359: 1413-1426.
20. Tate R, Lah L, Cuddy T. *Definition of Successful Aging by Elderly Canadian Males: The Manitoba Follow-Up Study*. *The Gerontologist*. 2003; 43: 735-744.
21. Hutchison T, Morrison P, Mikhailovich K. *A Review of the Literature on Active Ageing*. Healthpact Research Centre for Health Promotion and Wellbeing. Canberra: University of Canberra; 2006.
22. Baltes P, Baltes M. *Psychological Perspectives on Successful Aging: The Model of Selective Optimization with Compensation*. In: Baltes P, Baltes M, editors. *Successful Aging: Perspectives from Behavioural Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press; 1993; 1-34.
23. Lazarus R. *Coping with Aging: Individuality as a Key to Understanding*. In: Nordhus I, Vandenbos G, Berg S, Fromholt P, editors. *Clinical Geropsychology*. Washington, DC: American Psychological Association; 1998; 109-127.
24. *Active Ageing: A Policy Framework. A Contribution of the World Health Organization to the Second United Nations World Assembly on Ageing*. Geneva: World Health Organization; 2002.
25. Cumming E, Henry W. *Growing Old: The Process of Disengagement*. Nova York: Basic Book; 1961.
26. Havighurst R. *Successful Aging*. *The Gerontologist*. 1961; 1: 8-13.
27. Rowe J, Kahn R. *Successful Aging*. Nova York: Pantheon Books, Dell Publishing; 1995.
28. Havighurst R, Neugarten B, Tobin S. *Disengagement and Patterns of Aging*. In: Neugarten B, editor. *Middle Age and Aging: A Reader in Social Psychology*. Chicago: University of Chicago Press; 1968; 161-172.
29. Gonçalves D, Martin I, Guedes J, Cabral-Pinto F, Fonseca A. *Promoção da Qualidade de Vida dos Idosos Portugueses através da Continuidade de Tarefas Produtivas*. *Psicologia, Saúde & Doenças*. 2006; 7(1): 137-143.
30. *Declaration of Alma-Ata. International Conference on Primary Health Care*; Alma-Ata; 1978.
31. *Ottawa Charter for Health Promotion. 1st International Conference on Health Promotion*; Otava; 1986.
32. *HEALTH21: An Introduction to the Health for All Policy Framework for the WHO European Region*. Copenhagen: World Health Organization; 1998.
33. *Reforms for an Ageing Society*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development; 2000.
34. *Report of the Second World Assembly on Ageing*. Nova York: United Nations; 2002.
35. *A Glossary of Terms for Community Health Care and Services for Older Persons*. Technical Report. Kobe: World Health Organization; 2004.
36. *Health and Ageing. A Discussion Paper*. Geneva: World Health Organization; 2001.
37. *Increasing Labour Force Participation and Promoting Active Ageing*. Report from the Commission of the European Communities, Commission to the Council, the European

- Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, requested by Stockholm European Council. Bruxelas: European Commission; 2002.
38. Presidency Conclusions, 15-16 March. Barcelona: European Council; 2002.
  39. EUROPE 2020: A European Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth. Bruxelas: European Commission; 2010.
  40. How to Promote Active Ageing in Europe: EU Support to Local and Regional Actors. Bruxelas: European Commission; 2011.
  41. Towards a Europe of All Ages: Promoting Prosperity and Intergenerational Solidarity. Bruxelas: European Commission; 1999.
  42. Salvador-Carulla L, Gasca VI. Defining Disability, Functioning, Autonomy and Dependency in Person-Centered Medicine and Integrated Care. *International Journal of Integrated Care*. 2010; 10 Suppl: e025.
  43. Taking forward the Strategic Implementation Plan of the European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. Bruxelas: European Commission; 2012.
  44. Guidance Paper for the Steering Group of the Pilot European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing. Commission Staff Working Paper. Bruxelas: European Commission; 2011.
  45. Ahtonen A. Healthy and Active Ageing: Turning the 'Silver' Economy into Gold. Policy Brief. Bruxelas: European Policy Centre; 2012.
  46. Global Age-Friendly Cities: A Guide. Genebra: World Health Organization; 2007.
  47. Walker A. A Strategy for Active Ageing. *International Social Security Review*. 2002; 55: 121-39.
  48. Wilkinson R, Marmot, M. Social Determinants of Health: The Solid Facts (2nd ed.). Copenhaga: World Health Organization Regional Office; 2003.
  49. Dalli J, Kroes N, Geoghegan-Quinn M. Strategic Implementation Plan for the European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing. Steering Group Working Document. Bruxelas: European Commission; 2011.
  50. Schulz R, Heckhausen J. Aging, Culture, and Control: Setting a New Research Agenda. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*. 1999; 54B: 139-145.
  51. Busschbach J, Hessing D, Charro F. The Utility of Health at Different Stages in Life: A Quantitative Approach. *Social Science and Medicine*. 1993; 37(2): 153-158.
  52. Kane M. Ageism and Intervention: What Social Work Students Believe about Treating People Differently Because of Age. *Educational Gerontology*. 2004; 30: 767-784.
  53. Pasupathi M, Carstensen L, Tsai J. Ageism in Interpersonal Settings. In: Loot B, Maluso D, editors. *The Social Psychology of Interpersonal Discrimination*. Nova York: The Guilford Press; 1995; 160-182.
  54. Ryan E, Jin Y, Anas A, Luh J. Communication Beliefs About Youth and Old Age in Asia and Canada. *Journal of Cross-Cultural Gerontology*. 2004; 19: 342-360.
  55. Cuddy A, Fiske S. Doddering but Dear: Process, Content and Function in Stereotyping of Older Persons. In: Nelson T, editor. *Ageism: Stereotyping and Prejudice Against Older Persons*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Press; 2002; 3-26.
  56. Seeman T, Berkman L, Charpentier P, Blazer D, Albert M, Tinetti M. Behavioural and Psychosocial Predictors of Physical Performance: MacArthur Studies of Successful Aging. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*. 1995; 50B: M177-183.
  57. Friedrich D. Personal and Societal Intervention Strategies for Successful Aging. *Ageing International*. 2003; 28(1): 3-36.
  58. Plano de Actividades do MTSS. Gabinete de Estratégia e Planeamento. Lisboa: Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social; 2008.
  59. Estratégia Nacional para a Protecção Social e Inclusão Social: 2008/2010. Lisboa: Instituto da Segurança Social; 2009.
  60. Guia Prático: Benefícios Adicionais de Saúde. Lisboa: Instituto da Segurança Social; 2009.
  61. Guia Prático: Complemento Solidário para Idosos. Lisboa: Instituto da Segurança Social; 2012.
  62. Guia Prático: Programa de Conforto Habitacional para Pessoas Idosas. Lisboa: Instituto da Segurança Social; 2012.
  63. Strawbridge W, Cohen R, Shema S, Kaplan G. Successful Aging: Predictors and Associated Activities. *American Journal of Epidemiology*. 1996; 144: 135-141.



## A Importância das Tecnologias

Alexandra Queirós<sup>1</sup>, Nelson Pacheco da Rocha<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Secção Autónoma de Ciências da Saúde, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

### Introdução

A sociedade em que vivemos caracteriza-se por uma dependência vital da informação e as redes de telecomunicações têm um papel fundamental para a sua evolução, tanto a nível económico como social.

A visão da sociedade de informação tem sido tecnológica: um ritmo e um volume tão elevados de inovações tecnológicas ocorridas nas últimas décadas, muito especialmente na área das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), têm, forçosamente, que levar a uma remodelação social devido ao seu profundo impacto. Existem, no entanto, outros pontos de vista que caracterizam uma sociedade de informação para além do ponto de vista tecnológico, entre eles, o da distribuição espacial (existência e expansão das redes de informação e o seu impacto na reorganização do espaço e do tempo), o económico (investimento na informação), o da distribuição ocupacional (preponderância das ocupações nos setores da informação em contraponto com outros tipos de ocupação)

e o cultural (quantidade de informação a que o cidadão está sujeito nas suas atividades do dia a dia) [1].

Seja qual for o ponto de vista considerado, é indubitável que a circulação de ideias, pensamentos e informação mais ou menos relevante faz-se de uma forma muito rápida e eficiente, de tal modo que 'a informação e todas as suas manifestações e utilizações tornaram-se fundamentais para a nossa sociedade, o nosso trabalho e a nossa vida' [1].

O acesso facilitado à informação dos dias de hoje não implica apenas transformações de carácter tecnológico, mas também alterações profundas na organização social [2]. Na realidade, de nada serve a informação se não se souber como a utilizar para melhorar a qualidade de vida, para criar novas e melhores oportunidades de emprego e para desenvolver novas formas de educar, de aceder aos diferentes serviços ou de evitar a exclusão social.

A sociedade em rede [3] pode permitir, através da partilha de conhecimento, o desenvolvimento de novos e mais eficazes serviços

e o aparecimento de soluções integradoras e sustentáveis para os diferentes problemas do atual desenvolvimento humano. Para isso é preciso associar à informação disponível, o saber fazer que existe disperso na nossa sociedade, assim como o conhecimento e a experiência obtidos com situações da vida diária das instituições públicas ou privadas e da comunidade em geral, ao longo dos anos [1].

## Desafios

Paradoxalmente, as consequências resultantes do desenvolvimento tecnológico levaram os sistemas de saúde e de âmbito social a viverem momentos de grande tensão. As implicações do progresso tecnológico a nível de qualidade de vida, incluindo a melhoria das condições de saúde, levaram a mudanças demográficas consideráveis: redução do número de nascimentos, aumento da esperança média de vida e incremento da proporção de pessoas idosas.

Se, por um lado, existe uma pressão no sentido de mais e melhores cuidados, por outro, assiste-se a estrangulamentos a nível de recursos financeiros, nomeadamente devido à diminuição da proporção da população ativa. Tal implica um objetivo comum aos sistemas de saúde e de âmbito social que é o de melhorar a sua eficiência mantendo, no entanto, a qualidade das respostas aos cidadãos utentes, a nível das necessidades e expectativas e garantindo um acesso equitativo e justo.

Respostas adequadas a estas necessidades apresentam um número considerável de desafios para a organização dos serviços, a qual pode ser facilitada pelo recurso às soluções tecnológicas.

São, pois, necessárias perspetivas inovadoras em termos sociais, organizacionais e tecnológicos que respondam aos desafios

colocados pelas substanciais alterações da sociedade contemporânea e que permitam, não só ultrapassar os possíveis problemas económicos, mas também aumentar a qualidade de vida dos cidadãos e viabilizar novas possibilidades de desenvolvimento. O desenvolvimento socioeconómico depende das soluções mais ou menos eficientes que os países mais desenvolvidos forem capazes de introduzir, em particular no que diz respeito às necessidades das pessoas idosas, muitas delas com doenças crónicas ou com algum tipo de deficiência.

Conseguir um equilíbrio sustentável entre uma qualidade elevada, um financiamento adequado dos serviços e uma equidade no acesso aos cuidados é um dos grandes desafios políticos atuais. A nível da governação, é perceptível a procura de metodologias que permitam a otimização dos recursos existentes, uma economia de escala, um melhor uso da informação, a otimização dos procedimentos (por exemplo, redução do número de readmissões inapropriadas) e a qualificação dos recursos humanos, tudo isto com o objetivo de melhorar a relação custo-benefício. Neste aspeto, tanto o conteúdo como o processo de prestação de cuidados têm importância. É evidente que processos de trabalho eficientes podem reduzir os custos, mas o aumento da qualidade dos serviços prestados pode também significar redução de custos: por exemplo, um médico que disponibiliza tempo para informar o seu utente induz custos mais elevados no curto prazo mas pode prevenir que o utente sinta a necessidade de uma segunda opinião.

Assim, aos sistemas de saúde e de âmbito social atuais é-lhes exigido uma maior descentralização, partilha de responsabilidades e uma elevação nos níveis de serviço. A mudança de uma atuação centrada no tratamento da doença para um novo paradigma focado no bem-estar geral do utente

é urgente e a oferta de cuidados centrada na figura do hospital deverá dar lugar a políticas mais focadas na prevenção da doença e promoção da saúde, o que obrigará necessariamente a mais e melhor coordenação entre os vários níveis de cuidados de saúde e de âmbito social [4].

O objetivo da integração e continuidade de cuidados é, assim, o de garantir aos utentes, dependendo da sua situação concreta, acesso ao tipo e intensidade de cuidados que efetivamente necessitam, na hora e local mais adequados. O propósito é conseguir uma prestação de cuidados com um desenho menos orientado pela oferta e mais focado nas necessidades efetivas dos utentes, defendendo-se que a integração de cuidados pode melhorar o acesso, elevar os níveis de serviço na prestação e possibilitar a obtenção de ganhos de eficiência [5].

O tema da integração e continuidade de cuidados tem vindo a ganhar importância, particularmente em países com uma população cada vez mais envelhecida e com um número crescente de doentes crónicos, uma realidade dos países mais desenvolvidos. Os sistemas de saúde, particularmente nas economias mais desenvolvidas, servem também uma população com mais habilitações académicas e com uma relação com a doença bem diferente da que existia no passado, ou seja, com expectativas de viver mais anos com autonomia. É de esperar com isto um aumento progressivo dos custos em saúde, daí que a integração e continuidade de cuidados de saúde surja como uma resposta possível para garantir uma maior eficiência na utilização dos recursos, bem como a prestação de cuidados numa lógica mais individualizada, porquanto mais adequada a cada caso.

As questões críticas dos sistemas de prestação de cuidados, nomeadamente, a qualidade, o custo e o acesso, traduzem-

-se num objetivo idealizado de sistemas de prestação de serviços fiáveis e consistentes, cujos benefícios ultrapassem os riscos, que estejam de acordo com os princípios e valores da sociedade atual e que possam, tanto quanto possível, responder às necessidades individuais dos cidadãos. No entanto, é preciso ter em conta que existe uma grande diferença entre uma prestação de cuidados ótimos (tecnicamente possíveis) e os cuidados que são efetivamente prestados [6]. Tal não significa, bem pelo contrário, uma menor importância da equidade no acesso. Para uma melhoria do acesso é preciso providenciar meios para que os prestadores de cuidados e utentes possam realizar as escolhas mais adequadas e para que as barreiras socioeconómicas e geográficas possam ser ultrapassadas.

### As Tecnologias na Prestação de Cuidados de Saúde

As tecnologias, em geral, e as TIC, em particular, têm sido encaradas como determinantes para uma aproximação sustentada ao referido objetivo ideal do sistema de prestação de cuidados de saúde. A aplicação das TIC na prestação de cuidados de saúde é uma realidade do nosso quotidiano, a nível da prevenção, do diagnóstico, do tratamento ou do suporte organizacional [6].

#### Prevenção

Um problema político atual é a definição daquilo que pode ser financiado coletivamente. De forma a salvaguardar a solidariedade em áreas onde ela é imprescindível e insubstituível é preciso dar responsabilidade às pessoas noutras áreas. Assim, pode ser perfeitamente justificável que não seja

encorajada a aquisição de novas tecnologias dispendiosas e, em contrapartida, seja promovido o autocuidado e a autorresponsabilização.

Nessa medida, o uso das TIC para a disseminação de informação pode corresponder ao interesse público em termos de prevenção da doença e promoção da saúde. Trata-se de um desafio premente a integração de novos serviços na cadeia de prestação de cuidados, efetivamente úteis e motivadores, que enriqueçam a comunicação entre os prestadores de cuidados formais e os utentes. Um exemplo desses novos serviços é a disseminação de boas práticas individuais em termos de estilo de vida ou que possibilitem o empoderamento (*empowerment*) do cidadão individual relativamente à prevenção e à gestão dos seus cuidados de saúde, porquanto utentes mais informados podem realizar melhores escolhas. No entanto, para tal, os cidadãos precisam de ter acesso a informação suficiente e apropriada acerca dos cuidados e tratamentos relevantes e os seus potenciais benefícios e riscos.

A disseminação de informação para o autodiagnóstico ou para expandir a gama de possibilidades de diagnóstico dos prestadores de cuidados primários poderá facilitar os diagnósticos precoces e otimizar os cuidados diferenciados.

A disseminação de informação complementada com a existência de formas de monitorização pode facilitar a formulação de medidas preventivas ou minimizar os efeitos secundários do surto de epidemias. Na verdade, é importante realçar que o progresso tecnológico arrastou também consigo o fenómeno da globalização, o que pode significar um aumento em quantidade e diversidade da migração internacional e, em consequência, pressões adicionais sobre a prestação de cuidados. O aumento da mobilidade dos cidadãos pode exacerbar a dissemi-

nação de doenças infecto-contagiosas como o Vírus da Imunodeficiência Humana (VIH) e o reaparecimento de outras (por exemplo, a tuberculose ou a cólera), o que, por sua vez, pode levar a um aumento generalizado de manifestações de ansiedade, depressão e *stress*, devido a um aumento significativo de faixas populacionais marginalizadas.

No entanto, a disseminação de informação clínica é uma questão muito sensível dado que a informação tem de ser objetiva, compreensiva, rigorosa e atualizada. A sua disseminação torna-se ainda mais difícil pela falta de uma definição clara entre publicidade e informação e a crescente utilização das redes de comunicação para fins menos próprios. Isto requer um esforço concertado, envolvendo múltiplos intervenientes, incluindo as autoridades governamentais e locais, a indústria, os prestadores de cuidados ou os cidadãos.

## Diagnóstico

A nível das diversas formas de diagnóstico o uso das TIC é imprescindível. Meios de diagnóstico como a Tomografia Axial Computorizada (TAC) e a Imagem por Ressonância Magnética (IRM) utilizadas, hoje em dia, de uma forma rotineira, são exemplos paradigmáticos de como as TIC assumem um papel primordial no processo de aquisição e processamento das imagens médicas. As TIC proporcionam imagens tridimensionais dos diferentes órgãos sem recurso a técnicas invasivas. Consequentemente, o impacto da digitalização tem sido profundo, não apenas no que se refere à própria qualidade das imagens, mas também em aspetos organizacionais.

Por outro lado, a telemedicina tornou-se, nas últimas décadas, muito popular como uma forma de permitir a colabora-

ção remota entre prestadores de cuidados de saúde como, por exemplo, uma consulta à distância. Nas regiões onde escasseiam os especialistas e os equipamentos de saúde, os cidadãos mais afetados por esta situação são a pessoas idosas e as crianças. Alguns destes problemas podem ser resolvidos ou, pelo menos, atenuados através do uso da telemedicina. Neste contexto, o número de especialidades médicas que utilizam a telemedicina é significativo.

Adicionalmente, a bioinformática [6], em particular as ferramentas de sequenciação do genoma humano e a modelação de sistemas anátomo-fisiológicos, que possibilitam uma melhor compreensão e conhecimento dos sistemas biológicos desde o nível do gene até a nível do órgão, estão a contribuir para avanços significativos em termos de novas formas de diagnóstico.

A gestão de informação proveniente da sequenciação do genoma humano necessita de sistemas de processamento e armazenamento de dados eficazes. O paradigma *Cloud Computing* [7] permite, através da rede *Internet*, a disponibilização de capacidade de cálculo e armazenamento de acordo com as necessidades.

A quantidade de informação associada às diferentes alternativas de diagnóstico existentes, ou em desenvolvimento, requer sistemas de informação apropriados que permitam, quer o armazenamento de toda essa informação, quer o seu acesso de uma forma controlada, mas eficiente, quer ainda a elaboração de conhecimento consolidado, sob a forma de boas práticas e orientações clínicas.

As TIC são também fundamentais nos sistemas de apoio à decisão que devem contribuir com ferramentas de análise de informação e opções para assistência ao diagnóstico e à tomada de decisões terapêuticas.

## Terapêutica

Em termos terapêuticos, existe uma grande variedade tecnológica para a resolução de problemas diversos e para tornar as terapias mais eficientes.

Tecnologias associadas às próteses, à engenharia dos tecidos e à substituição de órgãos podem contribuir para a reabilitação através de procedimentos médico-cirúrgicos.

Em termos cirúrgicos, a técnica laser tornou-se indispensável para algumas especialidades médicas, em particular oftalmologia, gastroenterologia, ginecologia, dermatologia e urologia. Adicionalmente, uma mais ampla disseminação de técnicas de processamento de imagem, realidade virtual (por exemplo, a realidade aumentativa [8] pode possibilitar a sobreposição de imagens reais no bloco operatório), cirurgia assistida por robótica e cirurgia orientada por imagiologia clínica, o que tenderá a fortalecer as atuais técnicas cirúrgicas pouco invasivas. Estas técnicas cirúrgicas reduzem os riscos de infeção, resultam geralmente em menores dificuldades e tempos de recuperação (com consequências na redução do tempo de hospitalização e na melhoria da qualidade de vida dos utentes), minimizam os efeitos secundários (particularmente importantes para as pessoas idosas) e podem otimizar os custos envolvidos [9].

A diminuição dos tempos de estadia nos hospitais e dos tempos de recuperação tem implicações na utilização da capacidade instalada, nomeadamente em termos de camas, mas pode exigir o incremento da procura dos cuidados pós-operatórios em casa dos utentes.

O processo de recuperação não acaba com o término de um dado tratamento. O apoio continuado após o fim de um tratamento é a chave de uma recuperação saudável. Quando um cidadão é afetado por uma

doença, um acidente ou simplesmente pelo processo de envelhecimento, o tratamento pode ser apenas o início de um processo contínuo ao longo da vida.

Os utentes requerem apoio da sua equipa de cuidados, familiares e amigos para continuarem com os novos estilos de vida introduzidos durante o período de tratamento. Para todas estas dimensões existem desafios e oportunidades para que as TIC possam providenciar soluções facilitadoras. Estas poderão estar intimamente ligadas à individualização dos cuidados e, simultaneamente, à criação de redes de suporte.

Neste particular, a telemedicina também pode desempenhar um papel importante, permitindo a prestação de alguns cuidados domiciliários (*telecare* [10]) como, por exemplo, o acompanhamento periódico de uma doença crónica e a monitorização e acompanhamento de utentes após uma alta hospitalar.

Independentemente das suas modalidades, nível de complexidade ou tecnologia utilizada, a telemedicina permite a extensão do conceito hospital para um conceito hospital virtual (sem fronteiras), onde os prestadores de cuidados estão claramente inseridos numa rede virtual para o cuidado dos seus utentes.

A prestação de cuidados existe para o benefício do utente. Em termos de qualidade, o desenvolvimento de tratamentos orientados ao utente é um aspeto importante a considerar. Neste particular, os desenvolvimentos resultantes da sequenciação do genoma humano tenderão a promover cuidados mais individualizados [6], permitindo uma melhor identificação das origens de uma determinada doença ou o desenvolvimento de produtos que introduzam material genético durante o tratamento (geneterapia) com o objetivo de alterar propriedades genéticas existentes, o que pode ser eficiente em

termos de tratamento de algumas doenças hereditárias.

Adicionalmente, a medicina personalizada (um modelo médico que enfatiza o uso sistemático da informação individual de um utente para selecionar ou otimizar os cuidados preventivos e terapêuticos desse utente) terá grandes implicações nos cuidados clínicos e no desenvolvimento da indústria farmacêutica [11]. Até agora um indivíduo não podia ser classificado com base na sua capacidade de adaptação a um medicamento particular a não ser de uma forma muito redutora (género, idade, estado de gravidez ou outras medicações). A medicina personalizada pode providenciar mecanismos para determinar de uma forma precisa grupos de utentes com um determinado tipo de comportamento a certos medicamentos [12]. Isto terá consequências na eficiência dos fármacos atuais e no desenvolvimento de novos medicamentos. Também neste nível, tendo em conta as quantidades de informação envolvidas, a gestão de informação tenderá a desempenhar um papel importante.

## Sistemas de Informação

A informatização dos dados clínicos levou ao aparecimento de estruturas organizacionais e de gestão que comportam sistemas de informação clínica para domínios médicos específicos, tais como serviços de urgência, cuidados intensivos ou imagiologia, mas interdependentes entre si. Estes sistemas podem auxiliar os prestadores de cuidados e otimizar os seus encontros com os utentes e com outros prestadores de cuidados, porquanto possibilitam o recurso a aplicações de apoio à decisão, nomeadamente a nível do diagnóstico ou da definição de procedimentos terapêuticos, o acesso facilitado à informação associada a cada utente e a

otimização de tarefas de rotina. Tudo isto implica uma melhor utilização dos recursos disponíveis.

### *Registo de Saúde Eletrónico*

As necessidades de armazenamento, análise e acesso de grandes quantidades de informação de saúde vêm sendo satisfeitas pelos sistemas de Registo de Saúde Eletrónico (RSE) [13]. Um RSE, na sua forma mais simples consiste num ficheiro eletrónico contendo informação sobre as condições de saúde de cada utente. No entanto, destaca-se um vasto leque de possibilidades que podem ir desde a história completa das interações com o sistema de saúde até à informação genómica do utente. Um RSE pode ajudar a personalizar os cuidados, evitar erros médicos, tornar os cuidados consistentes, facilitar o acesso, suportar o encaminhamento dos utentes para os serviços corretos e controlar os custos (reduzindo a ineficiência e os cuidados não apropriados) [14].

O *Institute of Medicine* (IOM) [15] identificou as funções essenciais de um RSE dividindo-as nas seguintes categorias: informação sobre condições de saúde, gestão de resultados, gestão das admissões e altas, suporte à decisão, comunicação e conectividade, apoio aos utentes, processos administrativos, e monitorização da saúde pública. A utilização de um sistema RSE pode ser classificada como primária ou secundária: a utilização primária está associada aos encontros entre utentes e prestadores de cuidados de saúde, enquanto a utilização secundária está relacionada com investigação e desenvolvimento, regulação, definição de políticas públicas e ensino [15, 16].

Globalmente, a aproximação orientada a objetos tem sido amplamente utilizada para o desenvolvimento de arquiteturas RSE: *Good European Health Record (GEHR)*,

*CORBAméd, openEHR ou Health Level 7 (HL7) Reference Information Model* [17].

O modelo de referência *openEHR* introduziu o conceito arquétipo (*archetype*) [18]. Esta abordagem segue um paradigma de gestão de informação aberto, uma vez que utiliza uma metodologia de dois níveis para modelar a estrutura de um RSE. No primeiro nível, temos um modelo de referência genérico, específico para o domínio da saúde, e que deve ser estável ao longo do tempo. Num segundo nível, são modelados os conceitos específicos (arquétipos), com restrições que especializam as estruturas de dados genéricas que podem ser implementadas de acordo com o modelo de referência.

### *Redes de Cuidados de Saúde*

A gestão da troca de dados clínicos pode ser realizada por redes de cuidados de saúde, *Health Care Networks* (HCN) [19]. A implementação destas redes requer a solução de um amplo leque de questões técnicas e não técnicas, tais como identificação dos utentes, segurança, governança, privacidade e suporte financeiro para as operações comuns. Além disso, a partilha de informação clínica exige a existência de RSE interoperáveis. Essa interoperabilidade pode contribuir para um atendimento mais eficaz e eficiente, facilitando a transferência de informação entre diversas entidades. No entanto, apesar de todos os avanços em termos de protocolos de sistemas de interconexão e interoperabilidade, a heterogeneidade semântica da informação continua a ser um problema de difícil resolução.

Para garantir a interoperabilidade semântica entre RSE, existem, atualmente, várias normas em desenvolvimento com o objetivo de estruturar informação clínica para facilitar a sua transferência e partilha. No entanto, ainda não existem modelos

universalmente aceites. Em paralelo com os desenvolvimentos do HL7 (por exemplo, a *Clinical Document Architecture* ou o *Reference Information Model*), o Comité Europeu de Normalização - Comité Técnico 251 (CEN / TC 251) definiu o *EHRcom*, com base na revisão da pré-norma europeia (ENV) 13606 em conjugação com a utilização do conceito arquétipo do *OpenEHR* [19].

## As Tecnologias e a Deficiência

A *International Classification of Impairments, Disabilities, and Handicaps* (ICIDH) [20], publicada em 1980 pela Organização Mundial de Saúde (OMS), definiu os conceitos deficiência (*disability*), incapacidade (*impairment*) e desvantagem (*handicap*).

Uma deficiência pode traduzir-se numa ou mais incapacidades de realização de determinadas atividades e/ou num conjunto de desvantagens para o indivíduo. No entanto, uma deficiência não conduz necessariamente a uma situação de desvantagem, a qual pode depender da personalidade da pessoa e das suas oportunidades.

A perspetiva atual considera a deficiência como um aspeto normal da vida embora exista, por um lado, uma perspetiva negativa da sociedade em relação à deficiência e, por outro, uma inadequação dos serviços existentes, o que se traduz em barreiras a diversos níveis. Esta visão está patente em alterações legislativas a nível internacional e na Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) da OMS [21]. A CIF resultou da revisão da ICIDH mas não considera os conceitos incapacidade e desvantagem. Em contrapartida, enfatiza os conceitos atividades (realização de tarefas ou ações) e participação (envolvimento em situações de vida). As atividades e a participação cobrem todas as situações de vida.

A CIF, cuja redação foi o culminar de uma evolução dos conceitos associados à deficiência, representa uma rutura em relação à ICIDH no sentido de uma maior ênfase aos fatores ambientais. A deficiência não é apenas um atributo do indivíduo, mas sim uma interação dinâmica entre as condições de saúde (por exemplo, doenças, desordens, lesões, traumas ou limitações pessoais) e fatores ambientais (por exemplo, atitudes sociais ou limitações do contexto físico). Devido quer a condições de saúde, quer a fatores ambientais, qualquer pessoa poderá ter limitações nas atividades ou restrições na participação.

Tecnicamente, em vez do termo deficiência ou da expressão pessoa com deficiência passou-se a falar em pessoas com limitações nas atividades ou restrições na participação: pessoas de todas as idades que não são capazes de desempenhar, de uma forma independente, atividades ou tarefas humanas fundamentais ou que têm restrições no envolvimento de situações de vida, devido a condições de saúde ou incapacidade de âmbito físico, mental, cognitivo e psicológico, de natureza temporária ou permanente [21].

Esta definição inclui, por exemplo, os utilizadores de cadeiras de rodas, mas também as pessoas idosas, as crianças de tenra idade, as grávidas, os alcoólicos, os toxicodependentes ou as pessoas com membros fraturados.

Esta perspetiva enfatiza a discrepância existente entre as capacidades de um indivíduo e os recursos existentes numa comunidade. As tecnologias, em particular as TIC, podem ter um papel preponderante na *interface* das pessoas com limitações nas atividades ou restrições na participação e o meio envolvente, minorando as implicações dos fatores ambientais, ou seja, podem reduzir os fossos em termos de competências e

habilidades e moderar as desvantagens destas pessoas.

### Produtos de Apoio

A percepção que as pessoas com deficiência precisavam de ajuda de alguns instrumentos e equipamentos para realizar determinadas tarefas do seu quotidiano levou ao aparecimento do conceito produtos de apoio (inicialmente foi utilizada a designação ajudas técnicas [22]). A utilização de produtos de apoio, ou seja, a utilização de instrumentos específicos para funções de compensação ou de substituição pode ser relevante para que a pessoa com deficiência seja autónoma para realizar determinadas tarefas da sua vida diária [23].

A facilidade com que se altera o tipo de interação de um sistema informático e a sua grande capacidade de adaptação permitem eliminar um grande número de limitações funcionais [24, 25]. Desta forma, não é de estranhar que o desenvolvimento das TIC fosse acompanhado pelo aparecimento de soluções técnicas que permitem adaptar as tecnologias aos seus utilizadores, ou seja, disponibilizar formas alternativas de interação considerando as características destes.

Por exemplo, a nível de dispositivos de entrada, para além do teclado normal (que nalguns casos pode exigir um posicionamento adequado e algumas modificações que facilitem a sua utilização) existe um conjunto significativo de soluções alternativas, nomeadamente: teclados especiais, dispositivos apontadores, sensores mecânicos ou sensores elétricos. Por outro lado, para os casos mais complexos, é possível recorrer a módulos adequados que permitam um processamento adicional como emulação do teclado, emulação do rato ou interpretação e tradução dos dados enviados pelos dispositi-

vos de entrada (sistemas de reconhecimento de voz ou *software* necessário para reconhecer e processar dados provenientes, por exemplo, da aquisição de imagens).

No entanto, apesar da importância que os produtos de apoio informatizadas podem ter na qualidade de vida das pessoas com deficiência, a progressão para a sua utilização generalizada foi relativamente lenta, quer devido a aspetos tecnológicos, quer devido a alguma falta de preparação para a seleção das soluções adequadas.

Sob o ponto de vista tecnológico, é preciso ter em conta que o desenvolvimento de adaptações específicas é muito exigente em termos de análise, projeto e implementação e, como se destina a satisfazer nichos de mercado muito pequenos e de importância económica reduzida, conduz a uma assimilação lenta das mudanças tecnológicas. Em contrapartida, pode acentuar os problemas da exclusão, na medida em que não contribui para melhorar a acessibilidade de dispositivos, recursos e serviços de informação destinados à população em geral.

Por sua vez, a adaptação das aplicações e sistemas existentes traduz-se em modificações *ad-hoc* de produtos já desenvolvidos (que se revelaram inacessíveis) e tem por objetivo torná-los acessíveis [26]. Nesta aproximação são despendidos recursos para resolver problemas que, eventualmente, poderiam ter sido resolvidos durante as fases de análise e projeto. Adicionalmente, o progresso tecnológico pode dificultar tais adaptações (restrições impostas pelas aplicações ou pelos sistemas operativos) ou pode condicionar que elas apareçam no mercado com um atraso considerável em relação aos produtos que adaptam. Finalmente, facilmente se constata que, independentemente da qualidade das técnicas utilizadas, a qualidade dos produtos resultantes é, normalmente, muito inferior à qualidade das aplicações e

sistemas de informação projetados para acomodar as necessidades e preferências de um grupo particular de utilizadores.

### Tecnologias de Apoio

A evolução dos conceitos associados à deficiência que culminou com o aparecimento da norma CIF levou ao aparecimento do conceito tecnologias de apoio [24, 27].

As tecnologias de apoio têm como objetivo o de melhorar a funcionalidade da pessoa com limitações nas atividades ou restrições na participação, promovendo a sua independência e autonomia. Contemplam um conjunto de recursos que tornam viável que pessoas com incapacidades ou deficiência realizem as suas tarefas diárias e participem ativamente na sociedade. Adicionalmente, é fundamental considerar não só a existência de instrumentos específicos, como também a experiência e o conhecimento acumulado dos que estão no terreno e sabem onde, quando e como é intervir para atingir a autonomia e independência

No âmbito das tecnologias de apoio é, geralmente, reconhecido o papel preponderante das TIC ao permitirem soluções inovadoras, nomeadamente no controlo do meio envolvente, no acesso à informação, na escrita, na comunicação interpessoal, nas atividades escolares e na inserção no mundo de trabalho. Com a explosão da rede *Internet* e da comunicação à distância, as pessoas com limitações nas atividades ou restrições na participação têm acesso a todo o tipo de informação, conseguem comunicar com inúmeras pessoas e podem partilhar experiências e conhecimentos, o que torna possível a formação à distância, o teletrabalho, a telemedicina e o apoio remoto.

### Acessibilidade

O desenvolvimento tecnológico pode originar o aparecimento de novas barreiras. Desta constatação ganhou importância o cuidado em garantir a acessibilidade das *interfaces* dos sistemas e serviços.

A questão da acessibilidade em termos da gestão da interação com os utilizadores tornou-se premente devido aos avanços tecnológicos, nomeadamente o desenvolvimento de contextos inteligentes com equipamento terminal dissimulado no ambiente que nos rodeia. Na prática, isso significa a colocação de dispositivos inteligentes nos nossos relógios ou nas nossas roupas. Qualquer pessoa poderá ter vários endereços *Internet* não só para computadores, dispositivos de telecomunicações ou eletrodomésticos mas também para outros sistemas como, por exemplo, próteses ou dispositivos de monitorização que poderão ser controlados remotamente.

No campo da gestão da interação com os utilizadores é possível que o rato seja substituído por dispositivos de reconhecimento de voz ou outros dispositivos especiais como, por exemplo, um capacete adaptado que torne possível a comunicação de uma pessoa tetraplégica.

O desenvolvimento de metodologias adequadas de reconhecimento de voz, de *interfaces* ativadas por voz, de síntese de voz de alta qualidade e de algoritmos de inteligência artificial permitirá a existência de novas formas de interação graças às quais os utilizadores poderão comunicar e interagir de um modo natural. No entanto, para se alcançar tal objetivo é necessário investigação de qualidade nalgumas áreas como, por exemplo, a linguística computacional, a representação do conhecimento, a visão artificial e a inteligência artificial.

## As Tecnologias e o Apoio Remoto a Pessoas Idosas

Existe, atualmente, uma tendência para que as pessoas dependentes permaneçam, tanto quanto possível, nas suas casas, evitando o seu internamento em hospitais ou lares residenciais. Em simultâneo, em virtude da alteração dos padrões familiares, existe um número cada vez maior de pessoas idosas a viverem sozinhas (muitas delas com mobilidade reduzida), pelo que é exigido um aumento dos cuidados da comunidade, devido à inexistência próxima de familiares que possam, informalmente, monitorar os seus estados de saúde ou assisti-las. Para além disso, é necessário ter em conta que, no futuro, o número de pessoas capazes de proporcionar cuidados informais certamente diminuirá, devido à diminuição da população ativa.

Não havendo prestadores de cuidados informais disponíveis (por exemplo, familiares, amigos ou vizinhos), tais cuidados têm que ser providenciados por prestadores de cuidados formais. Isto pressupõe uma sobrecarga na prestação de cuidados formais, quer pelo aumento de visitas de rotina ou deslocações especiais a casa dos utentes, quer pelas expectativas elevadas que, atualmente, os cidadãos utentes têm, em termos da qualidade dos serviços que lhes são prestados.

Nesta perspetiva, torna-se relevante a utilização de soluções tecnológicas, nomeadamente para o desenvolvimento de serviços de apoio remoto integrados na prestação de cuidados domiciliários ou para a utilização de dispositivos inteligentes para o controlo do meio envolvente, por forma a apoiar os indivíduos nas suas atividades de vida diária. Obviamente, os novos serviços com um componente tecnológico forte têm que ser acompanhados por profundas reestruturacoes organizacionais.

## Cuidados Domiciliários

A autonomia e independência da população mais dependente poderão ser suportadas por novas formas de prestação de cuidados e tecnologias de apoio alternativas que possibilitem quer uma reorganização dos cuidados comunitários (por exemplo, cuidados domiciliários ou centros de dia), quer uma melhor adaptação do espaço circundante. A adoção de serviços de apoio remoto (incluindo a telemedicina e o *telecare*) em simultâneo com a introdução de soluções tecnológicas como, por exemplo, o *Ambient Assisted Living* (AAL), podem ser essenciais para aumentar, por exemplo, a independência funcional de pessoas idosas a viverem sozinhas nas suas residências e providenciar-lhes dispositivos amigáveis de diagnóstico para a monitorização remota de doenças crónicas [10].

A prestação de cuidados domiciliários implica a existência de uma variedade de serviços complementares que inclui serviços em que o prestador humano não pode ser substituído pela tecnologia (serviços de higiene, cuidados pessoais, preparação de refeições ou acompanhamento em deslocações) e serviços em que as tecnologias podem ter um papel relevante, como são exemplos os serviços de resposta a emergências.

A resposta a emergências deve possibilitar uma resposta rápida e eficiente a situações imprevisíveis que coloquem um indivíduo numa situação crítica. Em consequência, tem que ser um serviço disponível 24 horas por dia e prioritário em relação a qualquer um dos outros serviços. Um serviço deste género exemplifica como os serviços tecnológicos devem ser concebidos de forma a fornecer um apoio complementar ao que já é prestado pelas instituições de apoio social, não se considerando, portanto, que sejam substitutos do apoio direto, mas sim

que podem enriquecer e valorizar a prestação de cuidados.

Em todos os serviços de apoio, os contactos que são necessários estabelecer entre os utentes e as instituições prestadoras de cuidados podem ser facilitados pela utilização da videotelefonia. A videotelefonia, apesar de ser um serviço de comunicação de uso geral, pode, se os problemas de acessibilidade forem convenientemente resolvidos, ter um impacto considerável nos serviços de apoio remoto, porquanto permite o contacto visual entre os interlocutores envolvidos. Este contacto visual é um trunfo importante para que utentes e instituições aceitem serviços de apoio remoto no âmbito da saúde, educação, reabilitação e ação social. A distribuição remota de serviços especializados é um exemplo em que a videotelefonia pode ser considerada essencial para a qualidade do serviço.

A distribuição remota de serviços especializados pode auxiliar famílias e utentes a ultrapassarem situações problemáticas que possam ocorrer. Enquadram-se nesta classe genérica procedimentos de aconselhamento, de informação e de supervisão e acompanhamento de casos. Como aconselhamento entende-se um processo interativo, caracterizado por ter um horário previamente definido e por apresentar uma relação única entre um conselheiro e utentes, com a finalidade de os auxiliar a ultrapassar situações problemáticas. Por sua vez, um procedimento de informação pode auxiliar um utente ou técnico remoto, através da provisão de dados mais ou menos específicos. A supervisão e acompanhamento de casos pode, por sua vez, permitir a realização de uma avaliação à distância ou ser útil a técnicos ou familiares na gestão de dificuldades respeitantes à correta execução de um determinado programa de reabilitação, possibilitando, portanto, uma articulação do

trabalho efetuado à distância com o trabalho realizado na instituição ou em casa.

### *Ambient Assisted Living*

O AAL é um domínio de aplicação [28] onde as tecnologias associadas à segurança, à acessibilidade e usabilidade, à contextualização e à inteligência artificial terão que desempenhar um papel importante. O grande objetivo das soluções AAL é o de aplicar os conceitos e tecnologias associados ao Ambiente Inteligente (*Ambient Intelligence* - AmI) para permitir que as pessoas idosas, ou outras pessoas com limitações nas atividades ou restrições na participação, possam viver mais tempo nos seus ambientes naturais. Em termos tecnológicos, o AAL apresenta um leque heterogêneo de aplicações, como, por exemplo, sensores de movimento, detetores de quedas [29] ou o uso combinado de diferentes tecnologias para captar os estados cognitivos e afetivos dos utilizadores finais [30, 31].

Os sistemas de AAL descritos na literatura destinam-se a serem utilizados quer dentro de casa de casa, quer no exterior [32, 33, 34]. Alguns dos sistemas foram concebidos para apoiar uma vida independente [35] de pessoas idosas num amplo espectro de atividades [36]: cuidados pessoais, alimentação (por exemplo, planear o menu semanal [37]), gestão da casa [38], tomar medicamentos de acordo com o que foi prescrito, mobilidade [39] ou aquisição de bens e serviços [40]. Além disso, com o objetivo de, direta ou indiretamente, melhorar a qualidade de vida, os sistemas e serviços AAL podem contribuir para a participação individual na sociedade [36], quer em termos profissionais, quer em termos de entretenimento. Finalmente, os sistemas e serviços AAL podem contribuir para a reorientação dos sistemas de saúde [41] que estão organizados em torno de episódios de

doença, permitindo o desenvolvimento de uma ampla gama de serviços de apoio à distância (por exemplo, o apoio a prestadores de cuidados [42], sejam eles profissionais de saúde ou qualquer outro prestador de cuidados formais ou informais [43], ou programas de reabilitação [44]) ou de monitorização de sinais vitais, comportamentos ou emoções [45, 46].

### Perspetiva Organizacional

Sob o ponto de vista dos prestadores de cuidados, as TIC podem proporcionar um acesso facilitado a informação específica sobre os utentes, a informação científica e técnica, a recursos humanos especializados e a sistemas de apoio à decisão (incluindo o acesso a opiniões de peritos). O registo, a medição e a análise de dados ao longo do tempo facilita o aparecimento de boas práticas, o que pode levar a uma melhor gestão do conhecimento e a uma melhor compreensão de como o conhecimento é criado, utilizado e transferido em cenários complexos como os da prestação de cuidados. Nesta perspetiva, é natural o reforço de centros de conhecimentos, ou seja, bases de dados para partilha da informação disponível.

Adicionalmente, existe um vasto leque de possibilidades para agilizar a comunicação entre os diferentes processos internos das instituições prestadoras de cuidados, melhorar a comunicação entre as diferentes instituições envolvidas na prestação de cuidados e facilitar a comunicação entre estas e os utentes.

Para a correta prestação de cuidados os diferentes procedimentos devem ser organizados de tal forma que permitam, efetivamente, um apoio de qualidade aos utentes, o que pode passar pela criação de redes de prestadores de cuidados que têm que cola-

borar entre si. Assim, nos últimos anos têm vindo a ganhar importância uma tendência para o desenvolvimento de redes de instituições que permitam que os utentes recebam cuidados complementares de uma forma mais eficiente. Neste particular, é relevante o papel das TIC para a partilha de diversos tipos de informação (diagnóstico, consulta ou acompanhamento) e para incentivarem a cooperação entre prestadores de cuidados e entre prestadores de cuidados e os utentes.

### Conclusão

A efetiva implementação de novos modelos de serviços requer, em termos de gestão, visão estratégica, capacidade de decisão, coordenação e controlo, e implica alterações substanciais em termos de estratégias, estruturas, processos, formas de trabalho, competências organizacionais e individuais.

No atual contexto de incerteza e de mudanças rápidas são necessários novos instrumentos para que a evolução tecnológica promova uma inovação efetiva em termos de prestação de cuidados e uma ampla participação de todos os cidadãos, de forma a ser possível obter melhorias reais em termos de eficiência e qualidade dos serviços.

### REFERÊNCIAS

1. Riley T. The Information Society: The Role of Information in the Emerging Global e-government, e-governance and e-democracy Environments. Otava: Public Works and Government Services; 2003.
2. Espanha R. Saúde e Comunicação numa Sociedade em Rede - O Caso Português. Lisboa: Monitor; 2009.
3. Castells M. A Era da Informação: Economia, Sociedade e Cultura - a Sociedade em Rede. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; 2002.

4. Santana R, Costa C. A Integração Vertical de Cuidados de Saúde: Aspectos Conceptuais e Organizacionais. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*. 2008; 7: 29-56.
5. Dias A, Queirós A. Plano Nacional de Saúde, 2011-2016: Integração e Continuidade de Cuidados. Lisboa: Alto Comissariado para a Saúde; 2010.
6. Braun A, Boden M, Zappacosta M. Healthcare Technologies Roadmapping: The Effective Delivery of Healthcare in the Context of an Ageing Society. Sevilha: Institute for Prospective Technological Studies; 2003.
7. Rosenthal A, Mork P, Li M, Stanford J, Koester D, Reynolds P. Cloud Computing: A New Business Paradigm for Biomedical Information Sharing. *Journal of Biomedical Informatics*. 2009; 43: 342-353.
8. Vince J. Introduction to Virtual Reality. Londres: Springer; 2004.
9. HIMAL H. Minimally Invasive (Lapnoscopia) Surgery. The Future of General Surgery. *Surgical Endoscopy*. 2002; 16(12): 1647-1653.
10. Barlow J, Bayer S. Flexible Homes, Flexible Care, Inflexible Attitudes? The Role of Telecare in Supporting Independence. HAS Spring Conference 2003: Housing and Support; Arlington; 2003.
11. Leman P, Greene S. Testing Patients to Allow Tailored Drug Treatment. *British Medical Journal*. 2005; 330-352.
12. Woodcock J, Woosley R. The FDA Critical Path Initiative and its Influence on new Drug Development. *Annual Review of Medicine*. 2008; 59: 1-12.
13. Hayrinena K, Sarantoa K, Nykanenb P. Definition, Structure, Content, Use and Impacts of Electronic Health Records: A Review of the Research Literature. *International Journal of Medical Informatics*. 2008; 77(5): 291-304.
14. Eichelberg M, Aden T, Riesmeier J. A Survey and Analysis of Electronic Healthcare Record Standards. *ACM Computing Surveys*. 2005; 37(4): 277-315.
15. Key Capabilities of an Electronic Health Record System. Institute of Medicine. Washington: National Academy Press; 2003.
16. Vreeman D, Taggard S, Rhine M, Worrell T. Evidence for Electronic Health Record Systems in Physical Therapy. *Physical Therapy*. 2006; 86: 434-446.
17. Takeda H, Matsumura Y, Kuwata S, Nakano H, Sakamoto N, Yamamoto R. Architecture for Networked Electronic Patient Record Systems. *International Journal of Medical Informatics*. 2000; 60(2): 161-167.
18. Schloeffel P. openEHR Archetypes: Putting the Clinician Back in the Driver's Seat. Health Informatics Conference HIC 2003; Sydney; 2003.
19. Katehakis D, Sfakianakis S, Kavlentakis G, Anthoulakis D, Tsiknakis M. Delivering a Lifelong Integrated Electronic Health Record Based on a Service Oriented Architecture. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. 2006; 11(6): 639-650.
20. International Classification of Impairments, Disabilities, and Handicaps. Geneva: World Health Organization; 1980.
21. International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF), 1.0. Geneva: World Health Organization; 2001.
22. Projeto de Norma Internacional ISO/DIS 9999 - Ajudas Técnicas para Pessoas com Deficiência. Lisboa: Secretariado Nacional de Reabilitação; 1990.
23. Renzo A. Aconselhamento de Ajudas Técnicas - Organização e Metodologia de Trabalho dos Centros de Informação sobre Ajudas Técnicas. Lisboa: Secretariado Nacional para a Reabilitação e Integração das Pessoas com Deficiências; 1999.
24. Queirós A. Sistema de Informação e Aconselhamento de Ajudas Técnicas: Universidade de Aveiro. Aveiro; 2001.
25. Arnao A. Guia de Acesso al Ordenador para Personas com Discapacidad. Madrid: Ministerio de Trabajo y Assuntos Sociales, Secretaria General de Assuntos Sociales, Instituto de Migraciones y Servicios, IMSERSO; 1997.
26. Stephanides C, Savidis A. Universal Access in the Information Society: Methods, Tools, and Interaction Technologies. Universal Access in the Information Society. Berlin: Springer-Verlag; 2001.
27. Lindström J. Through the Looking Glass: ICT for Independent Living - What Can We Learn from the Past for the Future. Assistive Technology on the Threshold of New Millenium: IOS Press; 1999.
28. Kleinberger T, Becker M, Ras R, Holzinger A, Müller P. Ambient Intelligence in Assisted Living: Enable Elderly People to Handle Future Interfaces. In: Stephanidis C, editor. Universal Access in Human-Computer Interaction: Ambient

- Interaction. Heidelberg: Springer-Verlag; 2007: 103-112.
29. Ferri M, Rescio G, Grassi M, Malcovati P. Wearable Wireless Accelerometer with Embedded Fall-detection Logic for Multi-sensor Ambient Assisted Living Applications. 2009 IEEE Sensors Conference; Canterbury; 2009.
  30. Leon E, Clarke G, Callaghan V, Doctor F. Affect-Aware Behaviour Modelling and Control Inside an Intelligent Environment. *Pervasive and Mobile Computing*. 2010; 6(5): 559-574.
  31. Kapoor A. New Frontiers in Machine Learning for Predictive User Modeling. In: Aghajan H, Augusto J, Delgado, D, editor. *Human-Centric Interfaces for Ambient Intelligence*. Oxford: Academic Press; 2010.
  32. Queirós A, Silva A, Alvarelhão J, Teixeira A, Rocha N. Ambient Assisted Living Technologies, Systems and Services: a Systematic Literature Review. AAL - 2nd International Living Usability Lab Workshop on AAL Latest Solutions, Trends and Applications; Vilamoura; 2012.
  33. Yao-Jen, Tsen-Yung W. Indoor Wayfinding based on Wireless Sensor Networks for Individuals with Multiple Special Needs. *Cybernetics & Systems*. 2010; 41(4): 317-333.
  34. Paterno F, Santoro C, Scordia A. Ambient Intelligence for Supporting Task Continuity across Multiple Devices and Implementation Languages. *Computer Journal*. 2010; 53(8): 1210-1228.
  35. Bell G, Dourish P. Yesterday's Tomorrows: Notes on Ubiquitous Computing's Dominant Vision. *Personal and Ubiquitous Computing*. 2007; 11(2): 133-143.
  36. Quigley A, Knapp B. Bridging Research in Aging and ICT Development. *International Federation on Aging 10th Global Conference 2010*; Melbourne; 2010.
  37. Lázaro J, Fides A, Navarro A, Guillén S. Ambient Assisted Nutritional Advisor for Elderly People Living at Home. Lázaro, Juan P, et al. *Ambient Assisted Nutritional Advisor for Elderly People Living at Home*. 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC); Buenos Aires; 2010.
  38. Boll S, Heuten W, Meyer EM, Meis M. Development of a Multimodal Reminder System for Older Persons in Their Residential Home. *Informatics for Health & Social Care*. 2010; 35(3-4): 104-124.
  39. Krieg-Brückner B, Röfer T, Shi H, Gersdorf B. Mobility Assistance in the Bremen Ambient Assisted Living Lab. *The Journal of Gerontopsychology and Geriatric Psychiatry*. 2010; 23(2): 121-130.
  40. Keegan S, O'Hare G, O'Grady M. Easishop: Ambient Intelligence Assists Everyday Shopping. *Information Sciences*. 2008; 178(3): 588-611.
  41. Botella C, Garcia-Palacios A, Banos R, Quero S. Cybertherapy: Advantages, Limitations, and Ethical Issues. *Psychology Journal*. 2009; 7(1): 77-100.
  42. Corchado J, Bajo J, Abraham A. GerAmi: Improving Healthcare Delivery in Geriatric Residences. *Intelligent Systems*. 2008; 23(2): 19-25.
  43. Alcaniz M, Botella C, Banos R, Zaragoza I, Guixeres J. The Intelligent e-Therapy System: A new Paradigm for Telepsychology and Cybertherapy. *British Journal of Guidance & Counselling*. 2009; 37(3): 287-296.
  44. Kairy D, Lehoux P, Vincent C, Visintin M. A Systematic Review of Clinical Outcomes, Clinical Process, Healthcare Utilization and Costs Associated with Telerehabilitation. *DisabilRehabil*. 2009; 31: 427-447.
  45. Fayn J, Rubel P. Toward a Personal Health Society in Cardiology. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. 2010; 14(2): 401-419.
  46. Fanucci L, Pardini G, Costalli F, Dalmiani S, Salinas J, Higuera J, et al. Health @ Home: A New Homecare Model for Patients with Chronic Heart Failure. *Assistive Technology from Adapted Equipment to Inclusive Environments*. 2009; 25:87-91.



**PARTE 2**

# Perspetiva Conceptual



# Avaliação de Usabilidade

Ana Isabel Martins<sup>1</sup>, Alexandra Queirós<sup>2</sup>, António Teixeira<sup>1,3</sup>, Nelson Pacheco da Rocha<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>4</sup>Secção Autónoma de Ciências da Saúde, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

## Introdução

A interação humano-computador é uma área de investigação que resulta da convergência de várias disciplinas, designadamente das ciências cognitivas, da engenharia de *software* e das engenharias relacionadas com os fatores humanos [1].

A investigação e a prática nesta área surgiram nos primeiros anos da década de 80 do século passado, inicialmente integradas numa sub-especialidade das ciências da computação e, desde então, expandiram-se de uma forma constante, atraindo profissionais de muitas outras disciplinas e incorporando conceitos e abordagens muito diversificados [1].

Um dos objetivos das ciências cognitivas, que incorporaram a psicologia cognitiva, a inteligência artificial, a linguística e a antropologia cognitiva, era o da sistematização de

um conjunto de metodologias científicas sob um conceito abrangente conhecido por engenharia cognitiva. Assim, quando a nível da computação, surgiu a necessidade de aprofundar o conhecimento relativo às formas de interação com os computadores, as ciências cognitivas tinham a massa crítica, o conhecimento e os recursos para suportar tal necessidade, de modo que a interação humano-computador foi um dos primeiros exemplos de aplicação da engenharia cognitiva.

Em paralelo, no âmbito do desenvolvimento da engenharia de *software* surgiu a necessidade de considerar, de uma forma consistente, os requisitos não funcionais, nomeadamente a usabilidade, e de propor processos não lineares de desenvolvimento de *software* fortemente dependentes da realização de testes que aferissem o cumprimento desses requisitos. Por sua vez, a evolução da computação gráfica contribuiu

para o reconhecimento da importância dos sistemas interativos. Assim, de uma forma natural, o desenvolvimento das ciências da computação apontou para a necessidade de compreender, envolver e capacitar os utilizadores finais.

Finalmente, as engenharias relacionadas com os fatores humanos, que desenvolveram muitas técnicas para a análise empírica de interações humano-sistema em diversos domínios (por exemplo, aeronáutica ou linhas de produção mecanizadas), também contribuíram para que a interação humano-computador fosse reconhecida como uma área científica interdisciplinar [1].

## Usabilidade

O enfoque técnico da interação humano-computador incide sobre o conceito usabilidade. O termo usabilidade foi muitas vezes associado à capacidade de um sistema ser facilmente utilizado. Isso coincide com a definição de usabilidade preconizada pela norma ISO 9126 [2] relativa à qualidade do *software*: ‘um conjunto de atributos de *software* que incidem sobre o esforço necessário para a utilização e sobre a avaliação individual de tal uso por um conjunto explícito ou implícito de utilizadores’ [2].

A simplicidade deste conceito serviu para influenciar as ciências da computação e facilitar o desenvolvimento de uma gama abrangente de tecnologias de interação com os utilizadores. Adicionalmente, associado à usabilidade, surgiu o conceito projeto centrado no utilizador (*user centred design*), uma forma de desenvolvimento de sistemas com enfoque na usabilidade.

Contudo, no âmbito da investigação relacionada com a interação humano-computador, o conceito usabilidade foi sendo reconstruído continuamente e tornou-se

cada vez mais rico, mas também mais complexo. Na mudança do século, o crescente impacto da revolução digital e a generalização de várias formas de interação (por exemplo, as associadas aos telemóveis, à televisão interativa ou aos quiosques de informação) levou a que a usabilidade deixasse de ser entendida como uma propriedade binária do tudo ou nada para passar a ser vista como um *continuum* que abrange diferentes graus de usabilidade [3]. As novas preocupações traduziram-se na consideração de aspectos como a experiência do utilizador.

A experiência do utilizador é um conceito mais amplo do que a usabilidade em si, e vai além da eficiência, qualidade das tarefas e satisfação do utilizador, pois considera os aspetos cognitivos, afetivos, sociais e físicos da interação. Nesta perspetiva, a experiência do utilizador contextualiza a usabilidade. Já não se espera que a usabilidade estabeleça o seu valor de forma isolada, mas que seja um dos contributos complementares para um projeto de qualidade que não se concentre apenas em características e atributos dos sistemas, nomeadamente se são inerentemente utilizáveis ou não, mas também no que acontece quando os sistemas são utilizados. Tal permite contemplar aspetos como diversão, bem-estar, eficácia, estética, criatividade e suporte para o desenvolvimento humano, entre outros [3].

## Projeto Centrado no Utilizador

Em 1999 foi publicada a norma ISO 13407 [4] que foi posteriormente revista, em 2010, dando origem à norma ISO 9241-210 [5]. Em consonância com estas normas, o projeto centrado no utilizador é uma metodologia iterativa de desenvolvimento de sistemas que visa garantir que estes sejam facilmente utilizáveis. Para isso, as referidas normas defendem uma

aproximação multidisciplinar que incorpore fatores humanos e conhecimentos e técnicas em ergonomia com a finalidade de aumentar a eficiência e a eficácia, melhorar as condições de trabalho dos utilizadores e evitar possíveis efeitos adversos em termos de segurança, desempenho e condições de saúde.

O projeto centrado no utilizador procura que as necessidades, desejos e limitações dos utilizadores finais de um sistema sejam devidamente considerados nas várias etapas do processo de desenvolvimento. Assim, a metodologia foi concebida para possibilitar que os sistemas sejam implementados de forma a considerar o que os utilizadores conseguem, querem ou necessitam, ao invés de forçar os utilizadores a mudarem o seu comportamento de modo a adaptarem-se aos sistemas resultantes.

Os requisitos dos utilizadores são capturados através de várias aproximações metodológicas, nomeadamente estudos etnográficos, questionários ou análises detalhadas de sistemas semelhantes. Adicionalmente, o projeto centrado no utilizador comporta, necessariamente, a realização de vários tipos de testes (por exemplo, testes de usabilidade em protótipos ou sistemas finais), porquanto é difícil, se não impossível, que quem projeta compreenda intuitivamente como será a experiência e a curva de aprendizagem de cada utilizador.

A norma ISO 9241-11, precursora da ISO 9241-210, distingue três fatores de usabilidade:

- Eficácia.
- Eficiência.
- Satisfação.

Estes fatores devem ser avaliados de uma forma holística que combine parâmetros e critérios multifacetados.

No entanto, em termos práticos, muitas vezes tende-se a avaliar para cada parâmetro

se os limiares mínimos são satisfeitos. Por exemplo, um produto de *software* pode ser considerado não utilizável se os utilizadores, em determinados contextos operacionais, não conseguirem realizar as tarefas chave dentro de um intervalo de tempo aceitável (critério de eficiência) [3].

O critério de eficácia está relacionado com o grau de realização dos objetivos pretendidos e aumenta a complexidade da avaliação.

Relativamente à satisfação é preciso considerar que a utilização pode ser, objetivamente, eficiente e eficaz mas causar experiências desconfortáveis aos utilizadores.

A norma ISO 25010 [6] veio acrescentar à norma ISO 9241-11 dois novos fatores:

- Ausência de risco;
- Cobertura de contexto.

A ausência de risco debruça-se sobre questões de segurança dos utilizadores finais, enquanto a cobertura de contexto é um conceito mais amplo que, em termos de usabilidade, associa os utilizadores específicos e seus objetivos ao contexto de utilização.

Atendendo à alteração dos paradigmas associados à usabilidade, traduzida pela evolução da norma ISO 9241-11 para a norma ISO 25010, é necessário uma grande gama de métodos para uma correta avaliação das questões de usabilidade. A usabilidade de um sistema é o resultado de um conjunto complexo de interações dos utilizadores com esse sistema e com o contexto envolvente, pelo que é impossível que um único método possa abordar todos os fatores envolvidos [3].

## Metodologias de Avaliação de Usabilidade

No contexto do projeto centrado no utilizador, são necessárias metodologias de desen-

volvimento de sistemas que comportem processos cíclicos de análise, prototipagem, teste e refinamento das sucessivas propostas de mecanismos de interação com os utilizadores [7]. Os resultados dos testes de uma determinada fase servem para especificar e implementar alterações que são avaliadas na fase seguinte.

Assim, no projeto iterativo, a interação com o sistema é fonte de informação para a evolução do próprio sistema através de versões sucessivas. Quando é identificado um problema não existe um método preestabelecido para determinar a solução correta, mas sim uma série de métodos de avaliação de usabilidade que podem ser usados em todas as fases de conceção e desenvolvimento, desde a definição conceptual do sistema até às suas últimas alterações. Alguns métodos utilizam dados provenientes de interações dos utilizadores com o sistema, enquanto outros contam com a participação de especialistas.

Os métodos de avaliação podem ser analíticos ou empíricos. Os métodos analíticos baseiam-se na análise das funções de um sistema interativo e do leque de possíveis tipos de iterações, de acordo com modelos preestabelecidos como, por exemplo, o modelo Objetivos, Operadores, Métodos e Regras de Seleção (*Goals, Operators, Methods and Selection Rules - GOMS*) [8, 9] ou na verificação (inspeção) de um conjunto de princípios de usabilidade [10]. Os métodos empíricos baseiam-se na análise de utilizações reais [3] e podem ser subdivididos em métodos de inquérito e métodos de experimentação ou teste.

### Métodos Analíticos

No início da década 80 do século passado, o paradigma dominante no âmbito da inte-

ração humano-computador baseava-se em modelos cognitivos oriundos da área das ciências cognitivas, para os quais foi necessário criar ferramentas computacionais para antecipar dificuldades de interação e estimar os tempos necessários à realização de determinadas tarefas. Nesta perspetiva, foram importantes estudos experimentais, nomeadamente para determinar tempos de processamento cognitivo e de realização de movimentos motores. Tais estudos contribuíram para o aparecimento de novas metodologias, merecendo particular destaque o GOMS.

No entanto, a comunidade associada à interação humano-computador rapidamente se apercebeu que um enfoque apenas nos factores cognitivos e motores não era suficiente. Os interesses, as necessidades e as frustrações dos indivíduos revelaram-se um fator importante e poderoso na escolha, aprendizagem e utilização da tecnologia. Além disso, também se tornou perceptível que a utilização da tecnologia é muito dependente da complexidade, significado, dinâmica e componente social dos contextos em que a utilização acontece [11]. Assim, naturalmente, a interação humano-computador começou a interessar-se por outras questões, como as relacionadas com a motivação, o significado, as diferenças culturais ou a participação social.

A abordagem cognitivista não conseguiu fornecer ferramentas conceptuais para lidar com tais questões pelo que, quando as suas limitações a nível da interação humano-computador se tornaram amplamente reconhecidas, a teoria da atividade (*activity theory*) foi identificada como uma alternativa teórica com potencial [11].

Um outro tipo de métodos analíticos, os métodos de inspeção, envolvem a participação de peritos para avaliar os diferentes aspetos da interação dos utilizadores com um dado sistema.

Os métodos de inspeção podem contemplar [10]:

- Uma revisão passo a passo (*cognitive walkthrough*), em que cada passo serve para avaliar um conjunto de questões específicas. Embora este método não contemple a possibilidade de realizar experiências controladas durante o desenvolvimento de um sistema permite, no entanto, que os dados recolhidos sirvam para identificar possíveis problemas que têm que ser resolvidos através do redesenho da interação dos utilizadores com o sistema.
- Inspeções de usabilidade feita por peritos profundamente familiarizados com os conceitos associados à usabilidade e que podem recorrer a um conjunto de diretrizes previamente definidas para identificar quais os eventuais problemas.
- Inspeção da consistência para garantir que as diferentes funções sejam coerentes entre si.
- Inspeções automáticas em que se utilizam processos automatizados para a avaliação de usabilidade.
- Inspeções pluralistas envolvendo equipas multidisciplinares para avaliarem, passo a passo, a maior ou menor dificuldade de realização de determinadas tarefas, tendo em conta cenários específicos.

As formas de inspeção anteriormente referidas têm como objetivo identificar problemas de usabilidade segundo um conjunto de princípios comumente reconhecidos (a heurística) [10, 12]:

- Visibilidade do estado do sistema. O sistema deve manter sempre os utilizadores informados sobre o que está a acontecer, através de *feedback* apropriado e em tempo razoável.
- Correspondência entre o sistema e o mundo real. O sistema deve utilizar

- conceitos familiares aos utilizadores, ao invés de termos orientados ao sistema, e a informação deve ser apresentada de acordo com uma ordem lógica e natural.
- Controlo e liberdade dos utilizadores. Os utilizadores devem ter suporte para desfazer e refazer, em particular quando, por engano, selecionam funções que levam o sistema a evoluir para um estado indesejado.
- Consistência e normas. Os utilizadores não devem ter de se preocupar se palavras, situações ou ações diferentes significam ou não a mesma coisa.
- Prevenção de erros. Melhor do que boas mensagens de erro é a provisão de mecanismos que impeçam o aparecimento de erros, nomeadamente eliminando ou evitando as condições propensas a erros.
- Reconhecimento em vez de recordação. A carga de memória dos utilizadores deve ser minimizada, nomeadamente garantindo que os objetos, ações e opções são visíveis ou facilmente recuperáveis sempre que for necessário.
- Flexibilidade e eficiência de utilização. O sistema deve adequar-se a diferentes perfis de utilizadores (por exemplo, utilizadores mais experientes ou utilizadores menos experientes) de uma forma transparente.
- Projeto estético e minimalista. Os diálogos não devem conter informação irrelevante ou desnecessária.
- Suporte aos utilizadores para reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros. As mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples, se possível não codificada, indicando com precisão o problema e sugerindo uma solução construtiva.
- Ajuda e documentação. Qualquer sistema deve providenciar informação de ajuda e esta deve ser fácil de pesquisar,

não demasiado extensa e focada nas tarefas que os utilizadores têm que realizar.

Os métodos de inspeção são, por vezes, complementados com testes de usabilidade com poucos utilizadores repetidos ciclicamente, o que pode permitir o reconhecimento de um espectro largo de problemas de usabilidade, mesmo aqueles que são mais difíceis de detetar pelas inspeções dos especialistas.

### Métodos de Inquérito

Considerando que dados qualitativos, embora subjetivos, podem ajudar a conhecer o que os utilizadores efetivamente desejam, são, por vezes, utilizados métodos de inquérito para a avaliação de usabilidade, nomeadamente observação não intrusiva de utilizadores a realizarem determinadas tarefas, entrevistas e questionários ou *focus groups* [13]. As entrevistas e questionários refletem as opiniões dos potenciais utilizadores e ajudam a identificar quais os pontos fortes e os pontos fracos em termos de usabilidade. Por sua vez, um *focus group* é uma discussão de um grupo de participantes sobre determinado tópico, liderada por um moderador.

Os dados recolhidos pelos métodos de inquérito são, normalmente, qualitativos, mas podem ajudar a formar uma ideia sobre a opinião de um grupo-alvo.

### Métodos de Experimentação

As metodologias de avaliação de usabilidade baseadas em experimentação ou testes utilizam métricas [14] que identificam o que se pretende medir. Tais métricas podem estar relacionadas com questões simples como,

por exemplo, se a avaliação de uma determinada tarefa pode ser concluída com sucesso, ou com questões relativamente complexas como, por exemplo, o grau de satisfação dos utilizadores finais pelo que, naturalmente, são muito variáveis e dependem do âmbito e objetivos do sistema em concreto que se pretende avaliar [15]. Para tal existem várias metodologias, nomeadamente:

- Prototipagem rápida.
- Teste do corredor (*hallway testing*).
- Teste e avaliação iterativa e rápida (*rapid iterative testing and evaluation*).
- Pensar em voz alta (*thinking-aloud*).
- Teste remoto de usabilidade (*remote usability testing*).
- Teste de usabilidade baseado em componentes (*component based usability testing*).
- Co-participação (*co-participation ou co-discovery*).
- Teste cooperativo de usabilidade (*cooperative usability testing*).

### Prototipagem Rápida

Vários constrangimentos tornam difícil, senão impossível, que uma avaliação de usabilidade realizada quando o sistema estiver completamente desenvolvido possa ter implicações práticas. Em alternativa, alguns testes de usabilidade podem ser realizados com base em protótipos em vez dos sistemas finais. Geralmente, os protótipos são passíveis de serem modificados rapidamente, o que facilita a passagem por etapas sucessivas de refinamento dos mecanismos de interação.

As plataformas de desenvolvimento existentes tornam possível a utilização de técnicas de prototipagem rápida, as quais permitem avaliar, de uma forma expedita e económica, representações de mecanismos de interação, sem a necessidade de criação

de modelos avançados, ou mesmo antes de se começar qualquer implementação. No entanto, por vezes, os protótipos não representam de uma forma adequada o sistema final, pelo que os resultados do teste do protótipo podem não ser análogos aos resultados do teste do próprio sistema depois de desenvolvido [16].

### *Teste do Corredor*

O teste do corredor é uma metodologia de avaliação de usabilidade em que são escolhidas, aleatoriamente, algumas pessoas (por exemplo, cinco ou seis pessoas que passam no corredor) para a avaliação de um determinado protótipo [17].

Devido à sua simplicidade o teste do corredor é bastante popular. É particularmente eficaz nas fases iniciais de desenvolvimento de um novo sistema, quando para avançar é necessário efetuar determinadas escolhas.

### *Teste e Avaliação Iterativa e Rápida*

A metodologia teste e avaliação iterativa rápida [18] defende que as alterações dos mecanismos de interação devem ser feitas à medida que for identificado um problema e a respetiva solução.

Por vezes, as alterações podem ocorrer após a observação de um número reduzido de participantes (por vezes apenas um). Após uma avaliação são decididas e implementadas as alterações do protótipo para que este possa ser testado por um novo grupo de participantes. O processo pode ser recorrente, de modo que os mecanismos de interação vão sendo sucessivamente modificados e avaliados por vários grupos de participantes até se conseguir uma versão que seja considerada adequada.

### *Pensar em Voz Alta*

A metodologia pensar em voz alta provém das ciências sociais e a sua aplicação no domínio de usabilidade [19, 20] implica que os participantes pensem em voz alta enquanto estão a realizar as tarefas específicas.

O objetivo da metodologia é o de tornar explícito o que está implicitamente presente na mente dos participantes quando estão a interagir com o sistema sob avaliação. Por isso, é solicitado aos participantes que verbalizem o que estão a ver, pensar, fazer, sentir e como vão executar cada tarefa. Tal permite que os avaliadores observem, em primeira mão, o processo de realização de uma determinada tarefa (em vez de apenas o seu resultado final). Entre as possíveis variações pode-se identificar a metodologia pensar em voz alta em retrospectiva (*retrospective thinking-aloud*) em que os dados são obtidos após conclusão das tarefas ou a metodologia falando alto (*talking aloud*) que pretende introduzir maior objetividade, ao solicitar que os participantes simplesmente relatem o que fazem para concluir uma tarefa em vez de interpretar ou justificar as suas ações [21].

### *Teste Remoto de Usabilidade*

A metodologia teste remoto de usabilidade permite a avaliação de sistemas específicos no contexto de outras tecnologias e tarefas desempenhadas pelos utilizadores e pode ser síncrona ou assíncrona. O modo síncrono exige a comunicação envolvendo um par, o sujeito e o avaliador, com recurso à videoconferência ou a aplicações de partilha remota, enquanto o modo assíncrono envolve o sujeito e o avaliador a desempenhar tarefas separadamente [22, 23].

Os testes são realizados no ambiente habitual dos utilizadores (em vez de laboratórios), o que facilita a simulação de cenários

de vida real. Adicionalmente, a metodologia também possibilita a avaliação de utilizadores que se encontrem em áreas remotas com reduzidos custos e de uma forma rápida.

Contudo, a aplicação da metodologia teste remoto de usabilidade pode não providenciar o sentido de presença necessário à realização de um processo colaborativo ou os mecanismos de controlo adequados sobre o ambiente de teste e sobre as distrações e interrupções experienciadas pelos participantes, no seu ambiente habitual [23].

### *Teste de Usabilidade Baseado em Componentes*

A metodologia teste de usabilidade baseado em componentes tem a sua génese no ramo da engenharia de *software* que preconiza o desenvolvimento de sistemas baseado em componentes e visa testar a usabilidade de unidades elementares de um sistema de interação, denominadas componentes de interação [24]. A abordagem inclui medidas quantitativas (por exemplo, ficheiros *log*) e qualitativas (por exemplo, questionários) específicas para os vários componentes que constituem um sistema. Para isso, um componente precisa de ser, na perspetiva dos utilizadores, independente e controlável (por exemplo, um botão de controlo).

No âmbito desta metodologia pode ser testada uma única versão de cada componente de interação do sistema ou, em alternativa, serem testadas várias versões de um único componente do sistema, enquanto os restantes componentes do sistema permanecem inalterados. Na primeira aproximação o objetivo é o de identificar componentes de interação que possam reduzir a usabilidade geral do sistema, enquanto no segundo caso pretende-se identificar qual a versão de um componente específico que apresenta a melhor usabilidade.

### *Co-Participação*

A metodologia co-participação recorre ao trabalho em equipa para reunir a informação necessária à avaliação de usabilidade de um determinado sistema. Nesta metodologia, pares de participantes trabalham em conjunto para realizarem determinadas tarefas [25].

Os participantes tendem a discutir as tarefas que têm de realizar em voz alta e por meio dessas discussões os avaliadores identificam as questões problemáticas em termos de usabilidade. Para incentivar a cooperação na resolução de problemas entre os dois ou mais participantes e, conseqüentemente, a troca de ideias que permita tal cooperação, os testes tendem a ser concebidos de modo a tornar os participantes dependentes uns dos outros, atribuindo-lhes áreas complementares de responsabilidade.

### *Teste Cooperativo de Usabilidade*

Na avaliação de usabilidade baseada na metodologia teste cooperativo de usabilidade [26] os avaliadores e participantes cooperam de uma forma construtiva para identificarem e resolverem os problemas de usabilidade. A metodologia prevê uma sessão de interação onde os participantes executam interações relevantes com o sistema a fim de descobrirem potenciais problemas de usabilidade e uma sessão de cooperação, liderada pelos avaliadores com o objetivo de discutir e compreender os problemas de usabilidade identificados.

### *Outros Métodos*

A avaliação de usabilidade pode recorrer a outros métodos, nomeadamente *benchmarking* e meta-análise [25]:

- O *benchmarking* baseia-se em testes normalizados. Normalmente, na prepara-

ção de testes *benchmarking* entra-se em consideração com o tempo de execução da tarefa principal, o tempo necessário à correção de erros, o tempo de aprendizagem e as funções do sistema. Uma vantagem desta metodologia é a de que um determinado sistema pode ser comparado com outros sistemas para se determinar o seu grau relativo de usabilidade.

- A meta-análise é um procedimento estatístico que combina diferentes estudos para identificar similaridades, fontes de discordância, ou outras relações entre os resultados apresentados.

Além destes métodos, a utilização de *personas* e cenários tem vindo a ganhar importância com o aumento da complexidade dos sistemas [27].

As *personas* são arquétipos que representam grupos reais de utilizadores e suas necessidades. A utilização de *personas* pretende que sejam tidas em conta características objetivas de utilizadores com a finalidade de garantir a adequação de um sistema à forma como vai ser utilizado.

A construção de uma *persona* requer um conjunto diversificado de ferramentas, quer quantitativas, quer qualitativas. Embora as *personas* possam ser utilizadas nas várias fases de desenvolvimento, o mais usual é a sua utilização nas primeiras fases de modo a que todos os envolvidos no projeto tenham uma ideia tangível de quem serão os utilizadores finais.

O recurso a *personas* implica, normalmente, a definição de cenários. Os cenários são baseados em entrevistas e observações diretas de possíveis utilizadores finais e consistem em descrições concisas de como as *personas* utilizam sistemas específicos para alcançarem determinados objetivos.

## Conclusão

A avaliação de usabilidade precisa de ser entendida de uma forma holística no contexto de um determinado projeto e não pode ser feita de uma forma desgarrada das funções que se pretendem para o sistema final.

Desde os anos 80 do século passado foram desenvolvidas uma série de abordagens para avaliar a usabilidade, as quais, depois de devidamente adaptadas, configuradas e combinadas, podem fornecer contributos valiosos para o desenvolvimento iterativo de mecanismos de interação. No entanto, continuam a existir lacunas e é necessário um maior enfoque da avaliação de usabilidade em contextos reais de utilização, sem o qual as questões de usabilidade continuarão a ser recebidas com a decepção, desconfiança, ceticismo e falta de apreciação nalguns ambientes de desenvolvimento tecnológico.

## REFERÊNCIAS

1. Carroll J. Human Computer Interaction (HCI). In: Soegaard M, Dam R, editors. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Aarhus: The Interaction Design Foundation; 2009.
2. ISO/IEC 9126-1: Software Engineering - Product Quality - Part 1: Quality Model. Genebra: International Organization for Standardization; 2006.
3. Cockton G. Usability Evaluation. In: Soegaard M, Dam R, editors. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Aarhus: The Interaction Design Foundation; 2012.
4. ISO 13407: Human-Centred Design Processes for Interactive Systems. Genebra: International Organization for Standardization; 1999.
5. ISO 9241-210: Ergonomics of Human-System Interaction - Part 210: Human-Centred Design for Interactive Systems. Genebra: International Organization for Standardization; 2010.

6. ISO/IEC 25010: Systems and Software Engineering - Systems and Software Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and Software Quality Models. Geneva: International Organization for Standardization; 2011.
7. Dix A, Finlay J, Abowd G, Beale R. Human Computer Interaction. Upper Saddle River: Prentice Hall; 2004.
8. Card S, Moran T, Newell A. The Psychology of Human-Computer Interaction. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1983.
9. John B, Kieras D. The GOMS Family of User Interface Analysis Techniques: Comparison and Contrast. ACM Transactions on Computer-Human Interaction 1996; 3(4): 501-507.
10. Nielsen J, Mack R, editors. Usability Inspection Methods. Nova York: John Wiley & Sons; 1994.
11. Kaptelinin V. Activity Theory. In: Soegaard M, Dam R, editors. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Aarhus: The Interaction Design Foundation; 2012.
12. Nielsen J, Molich R. Heuristic Evaluation of User Interfaces. CHI'90 Conference; Seattle; 1990.
13. Shneiderman B. Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction. Upper Saddle River: Pearson Education; 2009.
14. Tullis T, Albert W. Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics. Morgan Kauffman; 2010.
15. Virzi R. Refining the Test Phase of Usability Evaluation: How Many Subjects is Enough? Human Factors. 1992; 34(4): 457-468.
16. Wickens C, Lee J, Liu Y, Becker S. An Introduction to Human Factors Engineering. Upper Saddle River: Prentice Hall; 2004.
17. Nielsen J, Landauer T. A Mathematical Model of the Finding of Usability Problems. ACM INTERCHI'93; Amsterdão; 1993.
18. Wixon D. Evaluating Usability Methods: Why the Current Literature Fails the Practitioner. Interactions. 2003; 10(4): 28-34.
19. Jorgensen A. Thinking-Aloud in User Interface Design: a Method Promoting Cognitive Ergonomics. Ergonomics. 1990; 33(4): 501-507.
20. Ericsson K, Simon H. Protocol Analysis: Verbal Reports as Data. Boston: MIT Press; 1993.
21. Kuusela H, Paul P. A Comparison of Concurrent and Retrospective Verbal Protocol Analysis. American Journal of Psychology 2000; 113(3): 387-404.
22. Andreasen M, Nielsen H, Schröder S, Stage J. What Happened to Remote Usability Testing? CHI'07 SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems; San Jose; 2007.
23. Dray S, Siegel D. Remote Possibilities? Interactions. 2004; 11(2): 10-17.
24. Brinkman W, Haakma R, Bouwhuis D. Component-Specific Usability Testing. Systems, Man and Cybernetics, Part A: IEEE Transactions on Systems and Humans. 2008; 38(5): 1143-1155.
25. Sbordone M. Human-Centred Design: Sustainable Ideas and Scenarios for the Development of Projects and Products based on Knowledge and Human Abilities. Revista Internacional de Sostenibilidad Tecnología y Humanidades. 2008; 3: 127-144.
26. Frøkjær E, Hornbæk K. Cooperative Usability Testing: Complementing Usability Tests with User-Supported Interpretation Sessions. CHI'2005, Conference on Human Factors in Computing Systems; Portland; 2005.
27. Cooper A. The Inmates are Running the Asylum: Why High-Tech Products Drive us Crazy and how to Restore the Sanity. Upper Saddle River: Pearson Education; 2004.

## ***Ambient Assisted Living***

Alexandra Queirós<sup>1</sup>, Anabela Silva<sup>1</sup>, Joaquim Alvarelhão<sup>1</sup>, António Teixeira<sup>2,4</sup>,  
Nelson Pacheco da Rocha<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Secção Autónoma de Ciências da Saúde, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>4</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

### **Introdução**

O *Ambient Assisted Living* (AAL) lida com novos paradigmas onde dispositivos computacionais estão espalhados um pouco por todo o lado (ubiquidade) de forma a permitir ao ser humano, em particular à pessoa idosa, estabelecer interações inteligentes e naturais com o ambiente físico, com o objetivo de manter a sua autonomia e independência. O AAL visa aspetos associados com o dia a dia das pessoas [1] e pode ser útil para enfrentar o crescente desafio demográfico [2] se permitir a combinação de serviços tecnológicos com os cuidados informais de familiares, amigos ou vizinhos e com os cuidados formais de saúde e âmbito social.

A automação nos sistemas AAL pode ser vista como um ciclo que vai da percepção do estado do ambiente, passando pelo seu processamento por forma a alcançar um

objetivo específico ou a antecipar respostas a possíveis ações, até à atuação sobre o ambiente para alterar o seu estado [3, 4, 5]. Os dados sensoriais são capturados do contexto real através de sensores embebidos no ambiente envolvente e ligados a redes de comunicação. Baseados nos dados sensoriais, os sistemas AAL, através de processos de decisão, determinam ações que são executadas por atuadores e que levam à alteração do estado do ambiente.

Os sistemas AAL têm uma camada de processamento com capacidades de decisão de forma a tornarem útil toda a informação disponível, conseguindo, desta forma, assistir ou aconselhar corretamente os utilizadores [3]. Assim, os sistemas AAL devem ser capazes de distinguir e reconhecer adequadamente as pessoas presentes num determinado ambiente, as suas funções, necessidades, preferências e limitações. Devem,

também, reconhecer contextos específicos permitindo diferentes respostas de acordo com as necessidades pessoais e contextuais e antecipando desejos e necessidades, mesmo sem uma mediação explícita.

Tendo toda a informação dos utilizadores e seus contextos, a infraestrutura tecnológica AAL poderá decidir que serviços deve providenciar, quando, como e a quem. Assim, a infraestrutura tecnológica deve ter um leque variado de mecanismos para a gestão da interação com os utilizadores, sensibilidade ao contexto [6], segurança e privacidade. Além disso, são necessárias arquiteturas efetivas para mascarar os efeitos dos diferentes dispositivos físicos, redes de comunicação, componentes e sistemas inteligentes.

O objetivo deste capítulo é o de fazer uma revisão sistemática e classificar a literatura relacionada com as tecnologias e sistemas AAL, em particular os serviços existentes.

## Métodos

A metodologia utilizada para realizar a revisão sistemática está detalhada nas seguintes secções.

### Pesquisa e Fontes de Dados

As pesquisas foram realizadas utilizando base de dados na área da saúde (*PubMed*, *Web of Science*, *Academic Search Complete* e *Science Direct*) e na área da Engenharia e Tecnologia (*Cite Seer* e *IEEE Xplore*). Foram utilizadas duas palavras chave sem restrição da linguagem: *Ambient Assisted Living*, uma vez que este é o principal objetivo desta revisão, e *Ambient Intelligence* (AmI) uma vez que o AAL é uma das suas subáreas. Tecnologias como as relacionadas com a interação

com os utilizadores ou com a sensibilidade ao contexto são tecnologias AmI que também são utilizadas em sistemas AAL. No entanto, nem todos os sistemas AmI podem ser considerados sistemas AAL.

A pesquisa foi realizada em fevereiro de 2012 e incluiu todas as referências publicadas desde o dia 1 de janeiro de 2007 até ao dia 31 de dezembro de 2011. A definição do período a pesquisar teve em consideração o ano de lançamento do *Joint Programme Ambient Assisted Living* pela União Europeia (UE) [7] que se iniciou em 2007.

### Seleção e Análise do Estudo

Os resumos foram lidos por dois dos autores e aqueles que não estavam relacionados com AAL foram excluídos. Os resumos incluídos foram classificados por três dos autores numa das seguintes 7 áreas: i) artigos conceptuais (conceitos inovadores relacionados com o AAL ou que possam contribuir para o seu desenvolvimento); ii) arquiteturas e *frameworks* (abstração da estrutura e regras necessárias para o processamento de informação associada aos sistemas AAL e como os implementar, incluindo diferentes aproximações arquiteturais; também foram incluídos artigos que descreviam metodologias necessárias para desenvolver sistemas AAL eficientes, engenharia de desenvolvimento e mecanismos de gestão *runtime* [8]); iii) segurança e privacidade (desafios relacionados com a segurança e privacidade que surjam da implementação de sistemas AAL [12, 13]); iv) dispositivos físicos (componentes de *hardware* necessários para a implementação de sistemas AAL, incluindo redes de sensores e atuadores [9]); v) sensibilidade ao contexto (*context awareness*, ou seja, tecnologias e metodologias para a abstração e modelação dos contextos dos utilizadores,

locais ou objetos considerados relevantes para a interação entre os utilizadores e os sistemas [10]); vi) interação com os utilizadores (tecnologias e metodologias utilizadas para a interação com os utilizadores que permitam a efetividade e usabilidade dos sistemas e das suas *interfaces* [11]); vii) sistemas (sistemas AAL aplicados a contextos específicos e com objetivos bem definidos [14]).

Os sistemas foram caracterizados de acordo com os seus utilizadores, locais onde podem ser utilizados, áreas de aplicação e estados de desenvolvimento.

## Resultados

Da pesquisa realizada resultaram 3224 referências, das quais 534 eram duplicados e 1642 não estavam relacionadas com AAL e, por isso, foram excluídas. Por conseguinte, no total, 1048 referências foram incluídas nesta revisão (Figura 6.1).

Dos 1048 artigos incluídos, 58 (5%) foram classificados como artigos conceptuais, porquanto definiam conceitos inovadores, 230 (22%) foram classificados como descrevendo arquiteturas e *frameworks*, 37 (4%) relacionados com segurança e privacidade, 178 (17%) como descrevendo dispositivos físicos, 304 (29%) foram considerados relacionados com sensibilidade ao contexto, 111 (10%) relacionados com a interação com os utilizadores e 130 (13%) foram considerados descrevendo sistemas.

A análise por ano de publicação demonstra que houve um aumento de publicações entre 2007 e 2009, decrescendo em 2010, com exceção do número de publicações em sistemas, interação com os utilizadores e artigos conceptuais que estabilizou ou aumentou ligeiramente entre 2009 e 2010. Em 2011 houve um aumento de publicações (Figura 6.2), em particular o número de artigos que

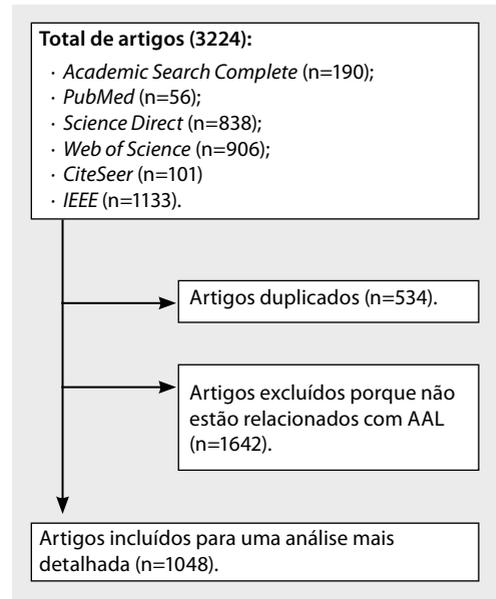


Figura 6.1 - Esquema da revisão sistemática.

descrevem sistemas ou que foram classificados como descrevendo dispositivos físicos (Figuras 6.3 e 6.4).

Foi necessário subdividir as 7 principais áreas em subáreas uma vez que eram bastante abrangentes. Assim, a área artigos conceptuais foi subdividida nas seguintes subáreas: rede de sensores, desenvolvimento de tecnologia, sensibilidade ao contexto, metodologias *living lab* e desafios futuros dos sistemas AAL. A área arquiteturas e *frameworks* foi subdividida em arquiteturas e metodologias de projeto e desenvolvimento. A área dispositivos físicos foi subdividida em rede de sensores, robótica e novas tecnologias. As tecnologias relacionadas com a sensibilidade ao contexto foram subdivididas em ambiente, localização e acompanhamento, gestão de identidades, gestão de identidades e localização, deteção de eventos e situações específicas, atividades e interações, comportamentos humanos, emoções e processamento. Na área interação com os utilizadores foram incluídas as subáreas novas *interfaces*,

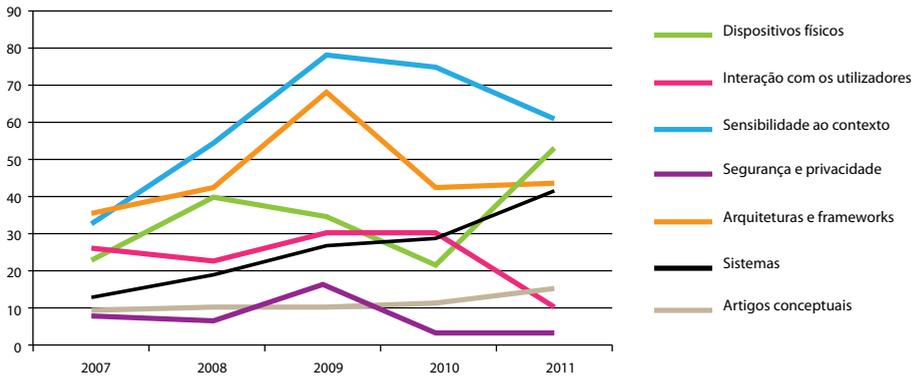


Figura 6.2 - Artigos AAL considerando a área de classificação e o ano de publicação.

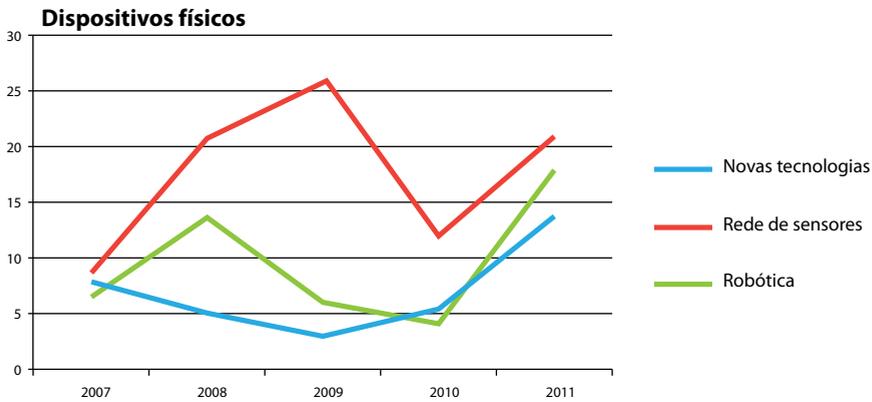


Figura 6.3 - Artigos relacionados com dispositivos físicos de acordo com a subárea de classificação e o ano de publicação.

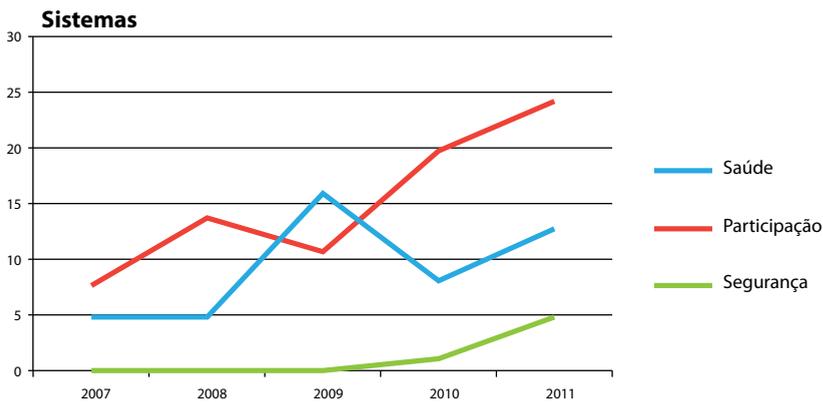


Figura 6.4 - Artigos que descrevem sistemas de acordo com a subárea de classificação e o ano de publicação.

projeto de *interfaces*, informação personalizada e avaliação de *interfaces*. A Tabela 5.1 apresenta o número de artigos classificados por área e subárea.

Uma vez que o conceito AAL está relacionado com uma complexa interação de componentes e sistemas, suportados em diversas tecnologias, decidiu-se realizar uma análise mais detalhada dos artigos classificados como sistemas, de acordo com a metodologia referida anteriormente.

Os utilizadores foram classificados considerando a quem se destina a informação fornecida pelo sistema. Por exemplo, se o sistema fornece informação dos sinais vitais do utente a um profissional de saúde, de forma a melhorar a qualidade do cuidado prestado, o utilizador é o profissional de saúde. O utilizador foi classificado como prestador de cuidados quando o sistema é utilizado por alguém que cuida um membro da família ou alguém próximo (prestador de cuidados informais), ou se é um prestador de cuidados formais. Assim, os utilizadores dos sistemas foram classificados como: i) prestadores de cuidados (n=27) [4, 15-40], ii) clientes (n=93) [4, 41-132] e prestadores de cuidados ou clientes (n=10) [67, 133-141].

Os sistemas, na sua maioria, têm como área de aplicação a promoção da participação dos seus utilizadores na sociedade (n=82) [35, 36, 41, 43-45, 47, 49, 51-55, 57-62, 64, 65, 67-69, 71-75, 77-88, 90-92, 94-110, 113-118, 120-122, 124-129, 131, 132, 134, 135, 139, 142]. Dos restantes artigos, 43 estão relacionados com a melhoria da prestação de cuidados de saúde [4, 15-34, 37-40, 42, 48, 70, 76, 89, 112, 119, 123, 130, 133, 136-138, 140, 141, 143-145] e 5 estão relacionados com a melhoria da segurança [50, 56, 66, 93, 111].

Os sistemas identificados destinam-se, maioritariamente, para utilizações em contexto dentro de casa e exterior (em qualquer

**Tabela 5.1 - Número de artigos de cada área e subárea.**

<b>Artigos conceptuais (58)</b>
Rede de sensores (4); Desenvolvimento de tecnologia (11); Sensibilidade ao contexto (6); Metodologias <i>living lab</i> (4); Desafios futuros dos sistemas AAL (33).
<b>Arquiteturas e Frameworks (230)</b>
Arquiteturas (169); Metodologias de projeto e desenvolvimento (61).
<b>Segurança e privacidade (37)</b>
<b>Dispositivos Físicos (178)</b>
Rede de sensores (93); Robótica (49), Novas tecnologias (36).
<b>Sensibilidade ao contexto (304)</b>
Ambiente (21); Localização e acompanhamento (44); Gestão de identidades (15); Gestão de identidades e localização (12); Detecção de eventos e situações específicos (23); Atividades e interações (52); Comportamentos Humanos (33); Emoções (12); Processamento (92).
<b>Interação com os utilizadores (111)</b>
Novas <i>interfaces</i> (46); Projeto de <i>interfaces</i> (48); Informação personalizada (11); Avaliação de <i>interfaces</i> (6).
<b>Sistemas (130)</b>

lugar; n=64) [15, 16, 19, 24, 26, 30, 36, 41, 47, 48, 53, 54, 58, 61, 62, 64, 65, 67, 68, 71-75, 77, 80-86, 88, 92, 94-99, 102, 103, 106, 108-111, 114-116, 118, 119, 121, 122, 124, 125, 129, 131, 132, 139, 140, 142, 143, 145] ou em casa (n=45) [17, 18, 22, 31-35, 40, 42, 43, 45, 49-52, 55-57, 60, 66, 69, 70, 76, 78, 79, 87, 89-91, 93, 100, 104, 112, 113, 120, 123, 126-128, 134-136, 138, 141]. Este facto pode estar relacionado com a tentativa de melhorar a vida das pessoas nos seus ambientes naturais. Só um número reduzido de sistemas foi projetado para ser utilizados em cuidados de saúde [4, 20, 21, 25, 29, 38, 39, 137, 144] e cuidados de apoio social [23, 27, 28, 130, 133] (n=14). Somente 3 artigos referem

sistemas para serem utilizados em ambiente educacional [101, 105, 117], outros 3 para serem utilizados em ambiente de trabalho [44, 59, 107] e 1 sistema para ser utilizado durante a condução do automóvel [37].

Foram distinguidos 4 fases do estado do projeto: conceptualização, protótipo, teste e operação regular. De acordo com o que foi possível analisar dos resumos dos artigos, mais de metade (n=79) estão ainda na fase de conceptualização [4, 16, 18, 19, 22, 23, 26, 28-30, 32, 34, 36, 39, 41-43, 47-49, 51, 53, 56, 57, 61, 62, 64-66, 69-71, 75, 77-79, 81-83, 85, 88-91, 93, 94, 98-100, 103, 105-110, 112-114, 118-121, 123-126, 128, 130-133, 139-145], 46 artigos descrevem sistemas que foram classificados como protótipos [15, 17, 20, 21, 24, 25, 27, 31, 33, 35, 37, 38, 44, 45, 50, 52, 54, 58, 59, 67, 68, 72-74, 76, 80, 84, 86, 87, 92, 95-97, 101, 102, 111, 115-117, 122, 127, 129, 134-136, 138], enquanto somente 4 descrevem sistemas que foram avaliados em fase de teste [40, 60, 104, 137] e outro em ambiente piloto [55].

## Discussão

Os resultados desta revisão sistemática indicam que existe uma vasta literatura sobre ALL abrangendo diversas áreas. Daqui resultou a necessidade de subdividir as 7 áreas inicialmente identificadas (arquiteturas e *frameworks*, dispositivos físicos, sensibilidade ao contexto, interação com os utilizadores, segurança e privacidade, sistemas e artigos conceptuais).

Maioritariamente, os artigos analisados são orientados às tecnologias, o que se refletiu no elevado número de artigos sobre especificação de componentes (88%) quando comparado com apenas 130 artigos (12%) relacionados com sistemas completos. Adicionalmente, um número considerável des-

tes 130 artigos sobre sistemas focam como a tecnologia pode ser utilizada em contexto AAL em detrimento das necessidades dos utilizadores e de uma proposta de resolução para estas necessidades. A ênfase continua a ser a tecnologia em vez da pessoa. Os resultados também mostram que diferentes tecnologias provêm de diferentes grupos de investigação e desenvolvimento, o que acaba por se refletir na pouca interoperabilidade existente.

A diminuição de publicações entre 2009 e 2010 pode estar relacionada com o facto de normalmente existir uma grande adesão de investigadores quando surge uma área nova. No entanto, após alguns anos o número de investigadores tem tendência a diminuir. Outra explicação possível pode estar relacionada com a necessidade de repensar a estratégia definida para a investigação em AAL. Por exemplo, existe muita tecnologia que necessita de ser reavaliada, assim como a possível interoperabilidade dos diferentes componentes existentes, em vez de se continuar a desenvolver novos componentes.

Em 2011 houve um aumento do número de artigos relacionados com dispositivos físicos e sistemas, sendo de realçar, em especial, o desenvolvimento da robótica, nomeadamente através da utilização de robôs em casa para melhorar o desempenho da pessoa. Houve, também, um aumento do número de artigos relacionados com a rede de sensores que pode ser explicado pela utilização de muitos sensores e a necessária transmissão dos dados recolhidos. No que diz respeito ao aumento de artigos relacionados com sistemas, uma possível explicação é o entendimento de que a tecnologia existe e que o enfoque deve ser dado à sua utilização para desenvolvimento de novos serviços.

Considerando os princípios do AAL não é surpreendente que a maioria dos sistemas pretendam utilizar os conceitos AmI e as

tecnologias por forma a capacitar as pessoas com algum tipo de limitação nas atividades ou restrição na participação a viverem de uma forma independente. Está, também, relacionado com as diretivas de saúde da União Europeia que realçam a necessidade de responsabilizar as próprias pessoas pela sua saúde, através da promoção do autocuidado [146].

Os contextos onde as soluções AAL podem ser utilizadas são muito complexos e podem passar pela utilização simples de tecnologia ou pela combinação de solução existentes. Para que isto seja possível é necessário um maior investimento na integração de tecnologias existentes e na garantia da sua interoperabilidade [146]. Esta integração permitiria fornecer melhores respostas às necessidades existentes, bem como diminuir custos e tempo de desenvolvimento, principalmente se novos modelos organizacionais e de serviços forem adotados [146]. No entanto, para ultrapassar quer a orientação à tecnologia, quer a falta de interoperabilidade, é necessário a constituição de equipas de investigação transdisciplinares, compostas por profissionais com diferentes formações e competências, como profissionais de saúde, de apoio social ou engenheiros. É, também, necessário envolver ativamente no processo de desenvolvimento todas as partes interessadas, incluindo os futuros utilizadores. Este envolvimento dos utilizadores poderia, inclusivamente, facilitar a avaliação das tecnologias AAL e a promoção da sua utilização, o que é claramente um problema considerando o baixo número de artigos que descreviam tecnologias em avaliação ou mesmo em utilização regular. Segundo Broek *et al.* [146] para que a interoperabilidade de serviços e tecnologias exista é necessário que as infraestruturas AAL se baseiem na existência de normas. Estas poderiam estimular o aparecimento de fornecedores

de equipamentos específicos e, consequentemente, o desenvolvimento de produtos baseados em cadeias de valor que pudessem efetivar oportunidades de mercado para os sistemas e serviços AAL.

## REFERÊNCIAS

1. Bell G, Dourish P. Yesterday's Tomorrows: Notes on Ubiquitous Computing's Dominant Vision. *Personal and Ubiquitous Computing*. 2007; 11(2): 133-143.
2. Steg H, Strese H, Loroff C, Hull J, Schmidt S. Europe is Facing a Demographic Challenge: Ambient Assisted Living Offers Solutions. *Bruxelas: Ambient Assisted Living Joint Programme*; 2006.
3. Cook D, Das S. How Smart are our Environments? An Updated Look at the State of the Art. *Pervasive and Mobile Computing*. 2007; 3(2): 53-73.
4. Costa R, Carneiro D, Novais P, Lima L, Machado J, Marques A, et al. *Ambient Assisted Living. 3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence*; Salamanca; 2009.
5. Camarinha-Matos L, Vieira W. Intelligent Mobile Agents in Elderly Care. *Robotics and Autonomous Systems*. 1999; 27: 59-75.
6. Hoareau C, Satoh I. Modeling and Processing Information for Context-Aware Computing: A Survey. *New Generation Computing*. 2009; 27: 177-196.
7. Opinion of the European Economic and Social Committee on the Proposal for a Decision of the European Parliament and of the Council on the Participation by the Community in a Research and Development Programme Aimed at Enhancing the Quality of Life of Older People through the Use of new Information and Communication Technologies (ICT), undertaken by several Member States. *Brussels: European Commission*; 2007.
8. Bavafa M, Navidi N. Towards a Reference Middleware Architecture for Ambient Intelligence Systems. *8th International Conference on ICT and Knowledge Engineering*; Bangkok; 2010.
9. Snijders F. Ambient Intelligence Technology: An Overview. In: Weber W, Rabaey J, Aarts E, editors.

- Ambient Intelligence. Berlin: Springer; 2005: 255-269.
10. IST Amigo Project: Deliverable D2.2 - State of the Art Analysis including Assessment of System Architectures for Ambient Intelligence. Bruxelas: European Commission; 2005.
  11. IST Amigo Project: Deliverable D2.3 - Specification of the Amigo Abstract System Architecture. Bruxelas: European Commission; 2005.
  12. Al Bouna B, Chbeir R, Marrara S. A Multimedia Access Control Language For Virtual and Ambient Intelligence Environments. ACM Workshop on Secure Web Services; Fairfax; 2007.
  13. Bogdan R, Ancusa V, Vladutiu M. Fault Tolerance Issues in Non-traditional Grids Implemented with Intelligent Agents. International Conference on Computer and Electrical Engineering; Phuket; 2008.
  14. Sun H, De Florio V, Gui N, Blondia C. Promises and Challenges of Ambient Assisted Living Systems. 6th International Conference on Information Technology: New Generations; Dubai; 2009.
  15. Agethen R, Lurz F, Schwarzmeier A, Fischer G, Weigel R, Kissinger D. An Online Telemetry System for Mobile Health Parameter Monitoring and Medical Assistance. 5th International Conference on Sensing Technology; Massey; 2011.
  16. Alcaniz M, Botella C, Banos RM, Zaragoza I, Guixeres J. The Intelligent e-Therapy System: A new Paradigm for Telepsychology and Cybertherapy. British Journal of Guidance & Counselling. 2009; 37(3): 287-296.
  17. Anmin J, Bin Y, Morren G, Duric H, Aarts RM. Performance Evaluation of a Tri-axial Accelerometry-based Respiration Monitoring for Ambient Assisted Living. 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; Minneapolis; 2009.
  18. Augusto JC, Zheng H, Mulvenna M, Wang H, Carswell W, Jeffers P. Design and Modelling of the Nocturnal AAL Care System. 2nd International Symposium on Ambient Intelligence; Salamanca; 2011.
  19. Aung W, Foo F, Jayachandran M, Biswas J, Jer-En L, Yap P. Implementation of Context-Aware Distributed Sensor Network System for Managing Incontinence Among Patients with Dementia. International Conference on Body Sensor Networks; Singapura; 2010.
  20. Bajo J, de Paz JF, de Paz Y, Corchado JM. Integrating Case-based Planning and RPTW Neural Networks to Construct an Intelligent Environment for Health Care. Expert Systems with Applications. 2009; 36(3): 5844-5858.
  21. Barcaro U, Righi M, Ciullo PP, Palanca E, Cerbioni K, Starita A, et al. A Decision Support System for the Acquisition and Elaboration of EEG Signals: The AmI-GRID Environment. 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; Lyon; 2007.
  22. Bono-Nuez A, Martin-del-Brio B, Blasco-Marin R, Casas-Nebra R, Roy-Yarza A. Quality of Life Evaluation of Elderly and Disabled People by Using Self-Organizing Maps. Distributed Computing, Artificial Intelligence, Bioinformatics, Soft Computing, and Ambient Assisted Living; Salamanca; 2009.
  23. Bravo J, Hervas R, Fuentes C, Chavira G, Nava SW. Tagging for Nursing Care. 2nd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare; Tampere; 2008.
  24. Carneiro D, Novais P, Costa R, Gomes P, Neves J. EMon: Embodied Monitorization. Ambient Intelligence; Salzburgo; 2009.
  25. Cascado D, Romero SJ, Hors S, Brasero A, Fernandez-Luque L, Sevillano JL. Virtual Worlds to Enhance Ambient-Assisted Living. 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; Buenos Aires; 2010.
  26. Chuan-Jun S, Bo-Jung C. Ubiquitous Community Care Using Sensor Network and Mobile Agent Technology. 7th International Conference on Ubiquitous Intelligence & Computing and 7th International Conference on Autonomic & Trusted Computing; China; 2010.
  27. Corchado JM, Bajo J, Abraham A. GerAmi: Improving Healthcare Delivery in Geriatric Residences. IEEE Intelligent Systems. 2008; 23(2): 19-25.
  28. Costa R, Neves J, Novais P, Machado J, Lima L, Alberto C. Intelligent Mixed Reality for the Creation of Ambient Assisted Living. Progress in Artificial Intelligence; Guimarães; 2007.
  29. Dingli A, Abela C, D'Ambrogio I. Pervasive Nursing and Doctoral Assistant -PINATA. 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare; Dublin; 2011.

30. Fernandes MS, Dias NS, Silva AF, Nunes JS, Lanceros-Méndez S, Correia JH, et al. Hydrogel-based Photonic Sensor for a Biopotential Wearable Recording System. *Biosensors and Bioelectronics*. 2010; 26(1): 80-86.
31. Grossi F, Bianchi V, Matrella G, De Munari I, Ciampolini P. Internet-Based Home Monitoring and Control. *Assistive Technology from Adapted Equipment to Inclusive Environments*. 2009; 25: 309-313.
32. Havasi F, Kiss A. Ambient Assisted Living in Rural Areas: Vision and Pilot Application. *Constructing Ambient Intelligence*. 2008; 11: 246-252.
33. Hui-Huang H, Po-Kai C, Chi-Yi L. RFID-based Danger Prevention for Home Safety. 2nd International Symposium on Aware Computing; Tainan; 2010.
34. Hui-Huang H, Zixue C, Shih TK, Chien-Chen C. RFID-Based Personalized Behavior Modeling. *Symposia and Workshops on Ubiquitous, Autonomic and Trusted Computing*; Brisbane; 2009.
35. Kumata A, Tsuda Y, Pref K, Suzuki H, Ra E, Morishita T. Advanced Community Model Using Daily Life Information Transmitter for Supporting Welfare Workers and Senior Citizens Living Alone in a Welfare Society. 8th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence; Seoul; 2011.
36. Lopez-Matencio P, Alonso JV, Gonzalez C, et al. Ambient Intelligence Assistant for Running Sports Based on k-NN Classifiers. 3rd Conference on Human System Interactions; Gdansk; 2010.
37. Murgoitio J, Fernandez JI. Car Driver Monitoring by Networking Vital Data. In Valldorf J, Gessner W, editors. *Advanced Microsystems for Automotive Applications*. Berlin / Heidelberg: Springer-Verlag; 2008; 37-48.
38. Sehgal S, Iqbal M, Kamruzzaman J. Ambient Cardiac Expert: A Cardiac Patient Monitoring System using Genetic and Clinical Knowledge Fusion. 6th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science; Melbourne; 2007.
39. Yang Z, Li L. Remote Neonatal Pain Assessment System Based on Internet of Things. International Conference on Internet of Things and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing; Dalian; 2011.
40. Zaad L, Ben Allouch S. The Influence of Control on the Acceptance of Ambient Intelligence by Elderly People: An Explorative Study. *Ambient Intelligence*; Nuremberg; 2008.
41. Ahn HJ. Evaluating Customer Aid Functions of Online Stores with Agent-based Models of Customer Behavior and Evolution Strategy. *Information Sciences*. 2010; 180(9): 1555-1570.
42. Al Shamsi H, Ahmed S, Redha F. Monitoring Device for Elders in UAE. *International Conference and Workshop on Current Trends in Information Technology*; Dubai; 2011.
43. Alonso AA, de la Rosa R, del Val L, Jimenez MI, Franco S. A Robot Controlled by Blinking for Ambient Assisted Living. *Distributed Computing, Artificial Intelligence, Bioinformatics, Soft Computing and Ambient Assisted Living*; Salamanca; 2009.
44. Ampatzidis YG, Vougioukas SG, Whiting MD. A Wearable Module for Recording Worker Position in Orchards. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2011; 78(2): 222-230.
45. Andrejkova J, Simsik D, Dolna Z. An Experience from Testing an Ambient Intelligence, Devices for Household: Case Study. 8th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics; Herlany; 2010.
46. Arroyo RF, Gea M, Garrido JL, Haya PA. Development of Ambient Intelligence Systems Based on Collaborative Task Models. *Journal of Universal Computer Science*. 2008; 14(9): 1545-1559.
47. Aviles-Lopez E, Villanueva-Miranda I, Garcia-Macias JA, Palafox-Maestre LE. Taking Care of our Elders through Augmented Spaces. *Latin American Web Congress*; Merida; 2009.
48. Bal N, Schwarz M. Ambient Assisted Living for Type 2 Diabetic Patients. 4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare; Munique; 2010.
49. Belbachir AN, Nowakowska A, Schraml S, Wiesmann G, Sablatnig R. Event-driven Feature Analysis in a 4D Spatiotemporal Representation for Ambient Assisted Living. *IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*; Colorado Springs; 2011.
50. Belbachir AN, Schraml S, Nowakowska A. Event-driven Stereo Vision for Fall Detection. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*; Colorado Springs; 2011.
51. Blesa J, Malagon P, Araujo A, Moya JM, Vallejo JC, de Goyeneche JM, et al. Modular Framework

- for Smart Home Applications. Distributed Computing, Artificial Intelligence, Bioinformatics, Soft Computing, and Ambient Assisted Living; Salamanca; 2009.
52. Boll S, Heuten W, Meyer EM, Meis M. Development of a Multimodal Reminder System for Older Persons in their Residential Home. *Informatics for Health & Social Care*. 2010; 35(3-4): 104-124.
  53. Borrego-Jaraba F, Luque Ruiz I, Gómez-Nieto M. A NFC-based Pervasive Solution for City Touristic Surfing. *Personal & Ubiquitous Computing*. 2011; 15(7): 731-742.
  54. Borrego-Jaraba F, Ruiz IL, Gomez-Nieto MA. NFC Solution for the Development of Smart Scenarios Supporting Tourism Applications and Surfing in Urban Environments. *Trends in Applied Intelligent Systems*; Cordoba; 2010.
  55. Busuoli M, Gallelli T, Haluzik M, Fabian V, Novak D, Stepankova O. Entertainment and Ambient: A new OLDES' View. *Universal Access in Human-Computer Interaction: Applications and Services*; Pequm; 2007.
  56. Carswell W, Augusto J, Mulvenna M, Wallace J, Martin S, McCullagh PJ, et al. The Nocturnal Ambient Assisted Living System. *5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*; Dublin; 2011.
  57. Casas R, Marin RB, Robinet A, Delgado AR, Yarza AR, McGinn J, et al. User Modelling in Ambient Intelligence for Elderly and Disabled People. *11th Computers Helping People with Special Needs*; Linz; 2008.
  58. Chang YJ, Wang TY. Indoor Wayfinding Based on Wireless Sensor Networks for Individuals with Multiple Special Needs. *Cybernetics and Systems*. 2010; 41(4): 317-333.
  59. Chang YJ, Wang TY, Chen YR. A Location-based Prompting System to Transition Autonomously through Vocational Tasks for Individuals with Cognitive Impairments. *Research in Developmental Disabilities*. 2011; 32(6): 2669-2673.
  60. Chiriac S, Saurer BR, Stummer G, Kunze C. Introducing a Low-cost Ambient Monitoring System for Activity Recognition. *5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*; Dublin; 2011.
  61. Correia N, Rodrigues A, Amorim T, Hawkey J, Oliveira S. A Mobile System to Visualize Patterns of Everyday Life. *International Symposium on Ambient Intelligence*; Salamanca; 2011.
  62. Costa A, Novais P, Costa R, Corchado JM, Neves J. Multi-agent Personal Memory Assistant. *Trends in Practical Applications of Agents and Multiagent Systems*. 2010; 71: 97-104.
  63. Costa A, Novais P, Costa R, Neves J. Memory Assistant in Everyday Living. *European Simulation and Modelling Conference*; Leicester; 2009.
  64. Coughlin JF, Reimer B, Mehler B. Monitoring, Managing, and Motivating Driver Safety and Well-Being. *IEEE Pervasive Computing*. 2011; 10(3): 14-21.
  65. Cui J, Aghajan Y, Lacroix J, van Halteren A, Aghajan H. Exercising at Home: Real-time Interaction and Experience Sharing using Avatars. *Entertainment Computing*. 2009; 1(2): 63-73.
  66. Delgado AR, Blasco R, Marco A, Cirujano D, Casas R, Yarza AR, et al. Agent-Based AmI System Case Study: The Easy Line Plus Project. *Trends in Practical Applications of Agents and Multiagent Systems*. 2010; 71: 157-164.
  67. Dohr A, Drobits M, Fugger E, Prazak-Aram B, Schreier G. Medication Management for Elderly People. *Medical Informatics Meets eHealth*; Vienna; 2010.
  68. Dovgan E, Lustrek M, Pogorelec B, Gradisek A, Burger H, Gams M. Intelligent Elderly-care Prototype for Fall and Disease Detection. *Zdravniški Vestnik -Slovenian Medical Journal*. 2011; 80(11): 824-831.
  69. Falco JM, Idiago M, Delgado AR, Marco A, Asensio A, Cirujano D. Indoor Navigation Multi-agent System for the Elderly and People with Disabilities. *Trends in Practical Applications of Agents and Multiagent Systems*. 2010; 71: 437-442.
  70. Fanucci L, Pardini G, Costalli F, Dalmiani S, Salinas J, De La Higuera JM, et al. Health @ Home: A New Homecare Model for Patients with Chronic Heart Failure. In: Emiliani PL, Burzagli L, Vomo A, Gabbanini F, Salminen AL, editors. *Assistive Technology from Adapted Equipment to Inclusive Environments*. Amsterdão: IOS Press; 2009: 87-91.
  71. Fayn J, Rubel P. Toward a Personal Health Society in Cardiology. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. 2010; 14(2): 401-409.
  72. Fenza G, Fischetti E, Furno D, Loia V. A Hybrid Context Aware System for Tourist Guidance Based on Collaborative Filtering. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*; Logo; 2011.

73. Ferguson G, Quinn J, Horwitz C, Swift M, Allen J, Galescu L. Towards a Personal Health Management Assistant. *Journal of Biomedical Informatics*. 2010; 43(5, Supplement 1): S13-S16.
74. Ferri G, Manzi A, Salvini P, Mazzolai B, Laschi C, Dario P, et al. DustCart, an Autonomous Robot for Door-to-door Garbage Collection: From DustBot Project to the Experimentation in the Small Town of Peccioli. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*; Xangai; 2011.
75. Garcia O, Alonso RS, Guevara F, Sancho D, Sanchez M, Bajo J. ARTIZT: Applying Ambient Intelligence to a Museum Guide Scenario. *International Symposium on Ambient Intelligence*; Salamanca; 2011.
76. García-Vázquez JP, Rodríguez MD, Andrade ÁG, Bravo J. Supporting the Strategies to Improve Elders' Medication Compliance by Providing Ambient Aids. *Personal & Ubiquitous Computing*. 2011; 15(4): 389-397.
77. Guo MJ, Zhao Y. An Extensible Architecture for Personalized Information Services in an Ambient Intelligence Environment. *4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*; Dalian; 2008.
78. Haosheng H, Gartner G, Schmidt M, Yan L. Smart Environment for Ubiquitous Indoor Navigation. *International Conference on New Trends in Information and Service Science*; Pequim; 2009.
79. Hopmann M, Thalmann D, Vexo F. Thanks to Geolocalized Remote Control: The Sound Will Follow. *International Conference on Cyberworlds*; Hangzhou; 2008.
80. Hossain MS, Hossain MA, El Saddik A. Multimedia Content Repurposing in Ambient Intelligent Environments. *IEEE 23rd International Conference on Data Engineering*; Istanbul; 2007.
81. Hsu HH, Lee CN, Hung JC, Shih TK. Smart Object Reminders with RFID and Mobile Technologies. *Mobile Information Systems*. 2011; 7(4): 317-327.
82. Hsu HH, Liao HT. A Mobile RFID-based Tour System with Instant Microblogging. *Journal of Computer and System Sciences*. 2011; 77(4): 720-727.
83. Huertas S, et al. Information and Assistance Bubbles to Help Elderly People in Public Environments. *32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*; Buenos Aires; 2010.
84. Hui-Huang H, Cheng-Ning L, Yu-Fan C. An RFID-Based Reminder System for Smart Home. *25th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications*; Biopolis; 2011.
85. Wook K, Jung S. Design and Analysis of a Robotic Vehicle for Entertainment Using Balancing Mechanism. *8th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence*; Seoul; 2011.
86. Ichiro S. Building and Operating Context-aware Services for Groups of Users. *Procedia Computer Science*. 2011; 5(0): 304-311.
87. Iqbal M, Beng L, Jie N. Ecosense: A Context and Semantics Driven Framework for Eco-Aware Ambient Environments. *7th IEEE Consumer Communications and Networking Conference*; Las Vegas; 2010.
88. Isomursu M, Ervasti M, Tormanen V. Medication Management Support for Vision Impaired Elderly: Scenarios and Technological Possibilities. *2nd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies*; Bratislava; 2009.
89. Jingwen X, Boon-Chong S, Symonds J. Human Activity Inference for Ubiquitous RFID-Based Applications. *Symposia and Workshops on Ubiquitous, Autonomic and Trusted Computing*; Brisbane; 2009.
90. Kantorovitch J, Kaartinen J, Abri LC, Martin RD, Cantera J, Criel J, et al. AmIE Towards Ambient Intelligence for the Ageing Citizens. *International Conference on Health Informatics*; Porto; 2009.
91. Kastner W, Kofler MJ, Reinisch C. Using AI to Realize Energy Efficient yet Comfortable Smart Homes. *8th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems*; Nancy; 2010.
92. Keegan S, O'Hare GM, O'Grady MJ. Easishop: Ambient Intelligence Assists Everyday Shopping. *Information Sciences*. 2008; 178(3): 588-611.
93. Kleinberger T, Jedlitschka A, Storf H, Steinbach-Nordmann S, Prueckner S. An Approach to and Evaluations of Assisted Living Systems Using Ambient Intelligence for Emergency Monitoring and Prevention. *Universal Access in Human-Computer Interaction*; San Diego; 2009.
94. Knoll M. Diabetes City: How Urban Game Design Strategies Can Help Diabetics. *Electronic Healthcare*. 2009; 1: 200-204.

95. Krieg-Brückner B, Röfer T, Shi H, Gersdorf B. Mobility Assistance in the Bremen Ambient Assisted Living Lab. *GeroPsych: The Journal of Gerontopsychology and Geriatric Psychiatry*. 2010; 23(2): 121-130.
96. Kuhn T, Jaitner T, Gotzhein R. Online-monitoring of Multiple Track Cyclists during Training and Competition. *Engineering of Sport*. 2008; 7(1): 405-412.
97. Kyung-Seok S, Yong-Hee J, Yong-Jin K, Ryong L. An Ambient Service Model for Providing Structured Web Information Based on User-Contexts. *International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery*; Huangshan; 2010.
98. Lazaro JP, Fides A, Navarro A, Guille, et al. Ambient Assisted Nutritional Advisor for Elderly People Living at Home. 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; Buenos Aires; 2010.
99. Lee CS, Wang MH, Acampora G, Hsu CY, Hagrais H. Diet Assessment Based on Type-2 Fuzzy Ontology and Fuzzy Markup Language. *International Journal of Intelligent Systems*. 2010; 25(12): 1187-1216.
100. Leusmann P, Mollering C, Klack L, Kasugai K, Ziefle M, Rumpe B. Your Floor Knows Where You Are: Sensing and Acquisition of Movement Data. 12nd IEEE International Conference on Mobile Data Management; Lulea; 2011.
101. Lim MY, Leichtenstern K, Kriegel M, Enz S, Aylett R, Vannini N, et al. Technology-enhanced Role-play for Social and Emotional Learning Context - Intercultural Empathy. *Entertainment Computing*. 2011; 2(4): 223-231.
102. Lindenberg J, Pasman W, Kranenborg K, Stegeman J, Neerinx M. Improving Service Matching and Selection in Ubiquitous Computing Environments: A User Study. *Personal and Ubiquitous Computing*. 2007; 11(1): 59-68.
103. Magliocchetti D, Gielow M, De Vigili F, Conti G, De Amicis R. A Personal Mobility Assistant Based on Ambient Intelligence to Promote Sustainable Travel Choices. *Procedia Computer Science*. 2011; 5(0): 892-899.
104. Maier E, Kempter G. AAL in the Wild - Lessons Learned. *Universal Access in Human-Computer Interaction*; San Diego; 2009.
105. Margetis G, Koutlemanis P, Zabulis X, Antona M, Stephanidis C. A Smart Environment for Augmented Learning through Physical Books. *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*; Barcelona; 2011.
106. Martin S, Sancristobal E, Temino G, Losada P, Oliva N, Colmenar A, et al. Interoperability and Integration of Context-Aware Services in an Ambient Intelligence Environment. 3rd International Conference on Internet and Web Applications and Services; Atenas; 2008.
107. Mechtscherjakov A, Kluckner P, Pohr F, Reitberger W, Weiss A, Tscheligi M, et al. Ambient Persuasion in the Factory: The Case of the Operator Guide. 22nd Annual IEEE Semi Advanced Semiconductor Manufacturing Conference; Saratoga; 2011.
108. Mingjing G, Yang Z. An Architecture for Digital Library Information Service in an Ambient Intelligence Environment. *International Conference on Computer Science and Software Engineering*; Londres; 2008.
109. Mingjing G, Yang Z. An Extensible Architecture for Personalized Information Services in an Ambient Intelligence Environment. 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing; San Francisco; 2008.
110. Miso S, Homos MJ, Rodriguez ML. Adaptive Geolocated Cultural Information System for Mobile Devices. 11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications; Cordoba; 2011.
111. Moreira N, Venda M, Silva C, Marcelino L, Pereira A. @Sensor - Mobile Application to Monitor a WSN. 6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies; Chaves; 2011.
112. Nebelrath R, Hauptert J, Frey J, Brandherm B. Supporting Persons with Special Needs in their Daily Life in a Smart Home. 7th International Conference on Intelligent Environments; Nottingham; 2011.
113. Niemela M, Fuentetaja RG, Kaasinen E, Gallardo JL. Supporting Independent Living of the Elderly with Mobile-centric Ambient Intelligence: User Evaluation of three Scenarios. *Ambient Intelligence*; Darmstadt; 2007.
114. Paez DG, Ascanio JR, Giraldez I, Rubio M. Integrating Personalized Health Care and Information Access for Elder People. *International Symposium on Ambient Intelligence*; Salamanca; 2011.

115. Paganelli F, Bianchi G, Giuli D. Context Model for Context-Aware System Design Towards the Ambient Intelligence Vision: Experiences in the eTourism domain. *Universal Access in Ambient Intelligence Environments*. 2007; 4397: 173-191.
116. Pauws S, Verhaegh W, Vossen M. Music Playlist Generation by Adapted Simulated Annealing. *Information Sciences*. 2008; 178(3): 647-662.
117. Pawlowski JM, Bick M, Veith P. Context Metadata to Adapt Ambient Learning Environments. 2nd IEEE International Interdisciplinary Conference on Portable Information Devices and 7th IEEE Conference on Polymers and Adhesives in Microelectronics and Photonics; Garmisch-Partenkirchen; 2008.
118. Pizzutilo S, Decarolis B, Cozzolongo G, Silvestri V, Petrone A. An Active Environment to Manage User Adapted Interactions. 7th International Conference on Applied Informatics and Communications; Montreux; 2007.
119. Plischke H, Kohls N. Keep It Simple! Assisting Older People with Mental and Physical Training. *Universal Access in Human-Computer Interaction: Addressing Diversity*; San Diego; 2009.
120. Reichman A, Zwiling M. The Architecture of Ambient Assisted Living System. *IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronics Systems*; Tel Aviv; 2011.
121. Romero N, Sturm J, Bekker T, de Valk L, Kruitwagen S. Playful Persuasion to Support Older Adults' Social and Physical Activities. *Interacting with Computers*. 2010; 22(6): 485-495.
122. Schurmann B, Volk R. Research Center Ambient Intelligence: Assisted Bicycle Team Training. *Lecture Notes in Computer Science: Advances in Artificial Intelligence*. 2008; 5243: 399-401.
123. Spanoudakis N, Grabner B, Kotsiopoulou C, Lymperopoulou O, Moser-Siegmeth V, Pantelopoulos S, et al. A Novel Architecture and Process for Ambient Assisted Living - the HERA Approach. 10th IEEE International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine; Corfu; 2010.
124. Sparacino F. Natural Interaction in Intelligent Spaces: Designing for Architecture and Entertainment. *Multimedia Tools and Applications*. 2008; 38 (3): 307-335.
125. Sun H, De Florio V, Gui N, Blondia C. Towards Building Virtual Community for Ambient Assisted Living. 16th Euromicro Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing; Toulouse; 2007.
126. Tocino A, Gutierrez J, Navia I, Penalvo F, Castrejon E, Giner J. Personal Health Monitor. 2nd International Symposium on Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services; Mogliano Veneto; 2009.
127. Torres-Solis J, Chau T. A Flexible Routing Scheme for Patients with Topographical Disorientation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2007; 4: 44.
128. Valiente-Rocha P, Redondo-Garcia JL, Lozano-Tello A. Ambient Intelligence System for Controlling Home Automation Installations. 5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies; Santiago de Compostela; 2010.
129. Vansteenwegen P, Souffriau W, Berghes GV, Oudheusden DV. The City Trip Planner: An Expert System for Tourists. *Expert Systems with Applications*. 2011; 38(6): 6540-6546.
130. Wei-Lun C, Shih-Hsiang W, Soe-Tsyr Y. iCare Home Portal: Substitution-Based Case Adaptation CBR for Quality Aging in Place. 9th International Conference on e-Health Networking, Application and Services; Taipei; 2007.
131. Yo-Ping H, Yueh-Tsun C, Sandnes FE. QR Code Data Type Encoding for Ubiquitous Information Transfer Across Different Platforms. *Symposia and Workshops on Ubiquitous, Autonomic and Trusted Computing*; Brisbane; 2009.
132. Yu Z, Zhou X, Yu Z, Park JH, Ma J. iMuseum: A Scalable Context-aware Intelligent Museum System. *Computer Communications*. 2008; 31(18): 4376-4382.
133. Bravo J, Fuentes C, Hervas R, Casero G, Gallego R, Vergara M. Interaction by Contact for Supporting Alzheimer Sufferers. 3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence; Salamanca; 2008.
134. Dadlani P, Markopoulos P, Sinitsyn A, Aarts E. Supporting Peace of Mind and Independent Living with the Aurama Awareness System. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*. 2011; 3(1): 37-50.
135. Dadlani P, Sinitsyn A, Fontijn W, Markopoulos P. Aurama: Caregiver Awareness for Living Independently with an Augmented Picture Frame Display. *AI & Society*. 2011; 25(2): 233-245.

136. Gams M, Dovgan E, Cvetkovic B, Mircevska V, Kaluza B, Lustrek M, et al. AAL for Supporting Elderly. IST-Africa Conference; Gaborone; 2011.
137. Grunerbl A, Bahle G, Lukowicz P, Hanser F. Using Indoor Location to Assess the State of Dementia Patients: Results and Experience Report from a Long Term, Real World Study. 7th International Conference on Intelligent Environments; Nottingham; 2011.
138. Jara AJ, Zamora MA, Skarmeta AFG. An Internet of Things-based Personal Device for Diabetes Therapy Management in Ambient Assisted Living (AAL). *Personal and Ubiquitous Computing*. 2011; 15(4): 431-440.
139. Jie W, Byrne C, O'Hare G, O'Grady MJ. Orange Alerts: Lessons from an Outdoor Case Study. 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare; Dublin; 2011.
140. Kamel Boulos MN, Rocha A, Martins A, Vicente ME, Bolz A, Feld R, et al. CAALYX: A New Generation of Location-based Services in Healthcare. *International Journal of Health Geographics*. 2007; 6: 9-16.
141. Valera A, Izquierdo M, Skarmeta A. A Wearable System for Tele-monitoring and Tele-assistance of Patients with Integration of Solutions from Chronobiology for Prediction of Illness. *Ambient Intelligence Perspectives*. 2009; 1: 221-228.
142. Arroyo R, Gea M, Garrido J, Haya P, Carro R. Authoring Social-aware Tasks on Active Spaces. *Journal of Universal Computer Science*. 2008; 14(17): 2840-2858.
143. Costa R, Novais P, Costa A, Neves J. Memory Support in Ambient Assisted Living. *Leveraging Knowledge for Innovation in Collaborative Networks*. 2009; 307: 745-752.
144. Costa R, Novais P, Lima L, Carneiro D, Samico D, Oliveira J, et al. VirtualECare: Intelligent Assisted Living. *Electronic Healthcare*. 2009; 1: 138-144.
145. Dohr A, Modre-Opsrian R, Drobnic M, Hayn D, Schreier G. The Internet of Things for Ambient Assisted Living. 7th International Conference on Information Technology: New Generations; Las Vegas; 2010.
146. Broek G, Cavallo F, Odetti L, Wehrmann C. *Ambient Assisted Living Roadmap*. Berlin: AALLIANCE Office; 2008.

# Um Modelo Conceptual para o *Ambient Assisted Living*

Alexandra Queirós<sup>1</sup>, Anabela Silva<sup>1</sup>, Joaquim Alvarelhão<sup>1</sup>, Nelson Pacheco da Rocha<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Secção Autónoma de Ciências da Saúde, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

## Introdução

No capítulo anterior, uma revisão sistemática da literatura sobre as tecnologias, sistemas e serviços *Ambient Assisted Living* (AAL) indicou que se trata de uma área com uma intensa atividade de investigação. Contudo, os resultados de investigação são ainda muito orientados à tecnologia, o que se reflete no elevado número de artigos que tratam componentes específicos, comparativamente ao número de artigos relacionados com sistemas completos com o objetivo de responder às necessidades de grupos alvo. Mais, diferentes tecnologias têm origem em diferentes grupos de investigação com pouca cooperação entre eles e, conseqüentemente, é necessário um maior investimento na integração da tecnologia existente e na sua interoperabilidade [1]. Isto não só fornecerá uma melhor resposta a diferentes necessidades como poupará, também, tempo e recursos.

Ambos os problemas (enfoque na tecnologia e falta de interoperabilidade) requerem novos modelos de conceptualização que sejam capazes de caracterizar os utilizadores, as suas necessidades e os seus contextos, de forma a permitirem o projeto de componentes interoperáveis. Para além disso são necessários mecanismos eficientes para avaliar o impacto real das soluções desenvolvidas nos utilizadores finais e nos elementos das suas redes de apoio (prestadores de cuidados formais e informais).

Neste contexto, o principal objetivo deste capítulo é o de demonstrar que a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) [2] da Organização Mundial de Saúde (OMS) pode ser utilizada como um modelo abrangente no projeto, desenvolvimento e avaliação de serviços AAL, uma vez que conceptualiza a funcionalidade humana associada às condições de saúde [3] num contexto sócio ecológico alargado que também considera o papel dos serviços, produtos e tecnologias.

## Funcionalidade, Incapacidade e Saúde

A CIF considera que vários fatores afetam e influenciam o desempenho individual e, conseqüentemente, as decisões relativas aos tipos de serviços necessários, quer estes sejam prestados por prestadores de cuidados formais ou informais, ou suportados em tecnologias de apoio.

Na prática, não há uma separação clara entre a determinação de uma necessidade, análise, conclusão parcial e decisão. Por esta razão pode ser difícil sistematizar a informação que pode influenciar uma decisão.

A CIF considera as estruturas e funções do corpo, as atividades e a participação [2] como partes da funcionalidade da pessoa. Adicionalmente, considera o contexto (fatores ambientais e fatores pessoais) como um componente que pode facilitar ou limitar a funcionalidade, dependendo das limitações sentidas pela pessoa (por exemplo, devidas a fraqueza muscular, doença ou desvantagem). A estrutura da CIF é ilustrada na Figura 7.1.

Segue-se uma descrição de cada um dos componentes da CIF [2]:

- Estruturas e funções do corpo que correspondem, respetivamente, às estruturas anatómicas e às funções fisiológicas. A CIF define incapacidade como um qualquer problema nas estruturas ou funções do corpo. Mediante determinadas condições, em particular, se existir uma ajuda de compensação, uma alteração das estruturas ou funções do corpo pode não ter conseqüências na capacidade da pessoa para realizar atividades (por exemplo, uma pessoa com problemas de visão que usa óculos pode não ter qualquer limitação ou uma pessoa com amputação de um membro inferior que usa uma prótese é capaz caminhar).
- Atividades - Atividades correspondem ao conjunto de tarefas realizadas pela pessoa. Dificuldades com as atividades são definidas como limitações. Limitações são, geralmente, devidas a alterações das funções do corpo, mas também podem ser devidas a barreiras ambien-

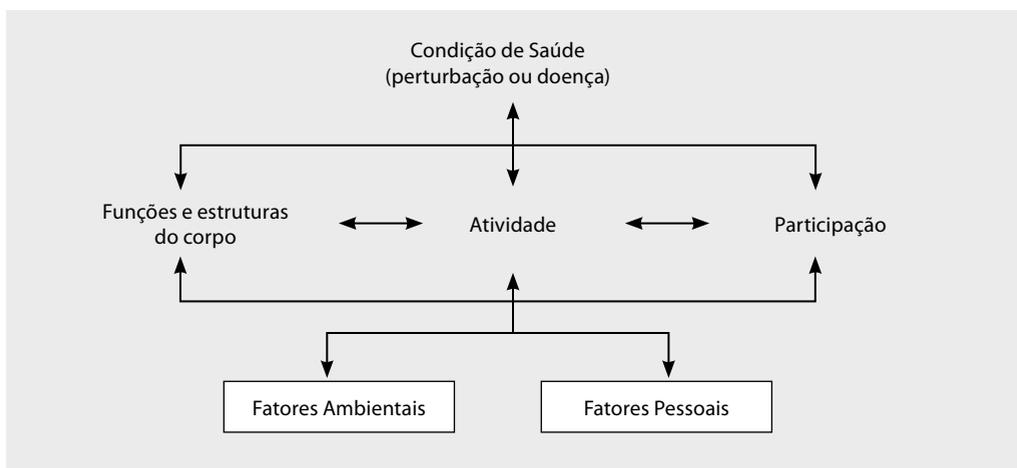


Figura 7.1- Interação dos componentes da CIF [2].

tais. Quando a capacidade da pessoa para realizar atividades é avaliada, as consequências das alterações nas funções do corpo ou as barreiras ambientais tornam-se claras.

- Participação - Participação diz respeito ao envolvimento da pessoa nas situações de vida do dia a dia e na sociedade. Dificuldades na participação são classificadas como restrições na participação. Há uma restrição quando a pessoa não é capaz de atuar de acordo com aquilo que é considerado normal. À semelhança das limitações nas atividades, as restrições na participação podem ser causadas por fraqueza, doença ou *handicap*, mas também por barreiras ambientais.
- Fatores Contextuais - Os fatores contextuais são os fatores ambientais e pessoais que podem facilitar ou limitar a funcionalidade da pessoa. Estes fatores devem ser considerados na avaliação das atividades e participação, e são importantes para explicar algumas situações (por exemplo, duas pessoas com o mesmo diagnóstico ou alteração da função física podem ter limitações nas atividades ou restrições na participação distintas). Os fatores ambientais são o mundo físico ou social, desde o ambiente mais imediato até ao mais geral. Os fatores pessoais correspondem aos elementos que tornam cada pessoa diferente e única, como os estilos de vida, o nível de escolaridade, o género, a raça, episódios de vida ou características psicológicas.

Diferenças na capacidade de controlo emocional são uma possível explicação para que pessoas com a mesma alteração das funções do corpo não tenham as mesmas limitações quando realizam atividades semelhantes. Por exemplo, quando está ventoso algumas pessoas utilizarão corta-ven-

tos enquanto outros utilizarão moinhos de vento. Dependendo se se olha para as alterações como problemas ou como desafios que trazem novas oportunidades.

A CIF divide os fatores ambientais em cinco capítulos: produtos e tecnologias, ambiente natural e alterações feitas pelo homem, apoio e relacionamentos, atitudes, serviços, sistemas e políticas. Estes fatores podem ter um impacto positivo ou negativo no desempenho da pessoa enquanto membro da sociedade, na capacidade da pessoa para executar ações ou tarefas, ou nas funções e estruturas do seu corpo. Quando se codifica um fator ambiental como um facilitador, aspetos como a acessibilidade do recurso (se o acesso está garantido ou é variável, ou se o recurso é de boa ou má qualidade) devem ser considerados. Pode ser relevante, no caso das barreiras, considerar a frequência com que um fator limita a funcionalidade da pessoa e se a limitação é grande ou pequena, evitável ou não. Deve também ser tido em consideração que um fator ambiental pode ser uma barreira, quer pela sua presença (por exemplo, uma atitude negativa em relação à pessoa), quer pela sua ausência (por exemplo, a inexistência de um serviço necessário).

A classificação CIF tem categorias definidas em cada capítulo. A CIF contém 1,424 categorias organizadas de acordo com um sistema alfanumérico. Cada uma das categorias começa com uma letra que corresponde ao domínio do componente: b (do Inglês *body*), s (do Inglês *structures*), d (do Inglês *domains*, que incluiu as atividades e a participação) e e (do Inglês *environmental factors*). A letra é seguida de um número de algarismos entre um e cinco. As categorias estão organizadas como um sistema de hierarquias, de forma que se possam usar categorias mais gerais ou categorias mais detalhadas consoante as necessidades de

determinada aplicação da CIF. Os descritores mais genéricos de funcionalidade são representados pelo capítulo no qual a categoria se encontra. Por exemplo, o capítulo cinco do componente atividades e participação (d) é autocuidado. O nível seguinte de codificação é aquilo que na CIF é designado o segundo nível de detalhe ou especificação. Estes códigos consistem em letras indicando o componente (b, s, d, ou e) seguidos de três dígitos. O primeiro algarismo corresponde ao capítulo do componente no qual a categoria se encontra. No capítulo do autocuidado, o código vestir d540 representa o segundo nível de detalhe (*i.e.* uma letra e três algarismos). A versão abreviada da CIF consiste em categorias de segundo nível. Na versão completa da CIF, as categorias são mais detalhadas com quatro algarismos (3º nível de detalhe). Por exemplo, na versão completa da CIF as categorias descalçar (d5403) e escolher roupa apropriada (d5404) estão entre as categorias de despir (d540) [3]. Em alguns casos, há ainda categorias mais específicas e detalhadas que contém cinco algarismos (4º nível de detalhe).

## Proposta

A existência de uma estrutura conceptual baseada em conceitos normalizados pode fornecer uma linguagem comum entre quem faz o planeamento estratégico, quem trata da inovação tecnológica, quem presta os cuidados e quem poderá utilizar os serviços aquando do desenvolvimento de novos serviços em geral e, em particular, de novos serviços AAL.

Os conceitos fundamentais da CIF estão relacionados com a funcionalidade e o desempenho em atividades e participação. Por outro lado, os serviços AAL têm como objetivo a disponibilização de soluções tecnológicas que melhorem e facilitem as ativi-

dades e a participação em todos os aspetos da sociedade. Consequentemente, deve ser possível, e desejável, utilizar a CIF para a especificação e caracterização dos serviços AAL.

Para além disso, sendo a CIF uma estrutura conceptual para sistematizar a informação que descreve o que pode influenciar o desempenho das pessoas, não apenas em termos de estruturas e funções do corpo ou atividades e participação, mas também em termos dos fatores contextuais (pessoais e ambientais), então ela pode ser utilizada como um modelo abrangente para uma abordagem holística que permita caracterizar os utilizadores, os seus contextos, atividades e participação:

- As estruturas e funções do corpo e os fatores pessoais da CIF (por exemplo, estilo de vida, nível de escolaridade, género, raça, eventos de vida ou características psicológicas) podem ser utilizados para modelar os utilizadores finais, bem como as suas necessidades específicas.
- Os fatores contextuais (ambientais e pessoais) podem ser facilitadores ou barreiras à funcionalidade da pessoa e, claramente, devem ter um papel importante nos serviços AAL, considerando que um dos seus principais objetivos é o de que as pessoas mantenham as suas atividades e participação em sociedade. Em particular, os fatores ambientais (físicos, sociais ou relacionados com atitudes) devem ser considerados quando se modela o ambiente imediato ou o ambiente mais geral.

Finalmente, a avaliação de serviços AAL deve ter em conta o impacto destes na vida diária das pessoas (atividades e participação) sendo, pois, importante considerar os diferentes componentes da CIF nos instrumentos de avaliação.

Potenciais vantagens na utilização da CIF no âmbito do projeto, desenvolvimento e avaliação de serviços AAL são ilustradas nas seções seguintes.

### Desenvolvimento de Serviços Complexos

Desenvolver serviços que possam ser distribuídos de uma forma aberta e que permitam a interação com dispositivos heterogéneos que evoluem ao longo do tempo é uma tarefa complexa. Quem desenvolve tais serviços enfrenta vários desafios como, por exemplo, a interoperabilidade, a gestão de recursos, a sincronização, os aspetos do desempenho, a segurança, a expansão ou a fiabilidade. A generalização da rede *Internet* e a diversificação dos dispositivos conectáveis levaram à definição de um novo paradigma computacional orientado ao serviço: as arquiteturas orientadas a serviços (*Service Oriented Architecture* - SOA), as quais permitem o desenvolvimento de *software* como um serviço entregue e consumido a pedido, o que aumenta a capacidade para fazer os sistemas evoluir como, por exemplo, devido à alteração dos requisitos a nível da aplicação ou do meio envolvente.

Uma implementação SOA tem vários propósitos. Um desses propósitos é o da agregação de lógicas complexas de negócio baseadas em serviços com *interfaces* normalizadas, isto é, obtenção de novas aplicações baseadas na integração de serviços elementares, recorrendo às *interfaces* correspondentes. Neste caso, a camada de implementação do negócio é transparente para o desenvolvimento das aplicações. Considerando esta organização de serviços é necessária uma infraestrutura de apoio eficiente para desenvolver a agregação de serviços AAL [4]. Os serviços devem ser descritos com base numa linguagem normalizada, geralmente declara-

tiva, para permitir a descoberta e invocação independentemente dos detalhes das suas implementações. O exemplo de uma linguagem adequada é a *Web Services Description Language* (WSDL) baseada em *eXtensible Markup Language* (XML) e utilizada para descrever serviços *Web*.

Contudo, a compreensão comum deve ir para além da interoperabilidade dos serviços tecnológicos. Serviços humanos e tecnologias de apoio contribuem em conjunto para a disponibilização de serviços de qualidade às pessoas com algum tipo de limitações nas atividades ou restrições na participação [4]. Soluções efetivas e eficientes que vão de encontro aos desafios do AAL devem combinar as forças da parte da sociedade e da parte da tecnologia. Para além disso, deve existir uma estrutura semântica com modelos comuns para classificar e catalogar os diferentes serviços AAL e, assim, facilitar a sua reutilização.

Existe um elevado número de alternativas em termos de possíveis classificações para os serviços AAL:

- O projeto *Persona* [5] define uma ampla diversidade de cenários de utilização: partilha entre pares, conhecer outras pessoas, assistente de melhoria das atividades, assistente de vizinhança, segurança pessoal, deteção de comportamentos, gestão de estado de saúde e ajuda no planeamento e realização de uma jornada utilizando transportes públicos.
- Numa abordagem diferente [6], uma aplicação AAL é considerada como sendo composta por um conjunto de serviços que podem ser agrupados em duas categorias: serviços orientados à saúde e serviços orientados ao conforto.
- Um outro tipo de classificação [6, 7] baseia-se em três tipos de assistência: assistência em caso de emergência, serviços para melhoria da autonomia (por exemplo, beber, comer, limpar, vestir,

tomar medicação, assistente de compras ou assistente de viagem) e serviços para melhoria do conforto (por exemplo, serviços logísticos, serviços para encontrar objetos, serviços de entretenimento, serviços de transporte ou serviços de orientação).

- A *European Ambient Assisted Living Innovation Alliance* baseia-se nas necessidades da pessoa idosa para categorizar os produtos e atividades de investigação: interação social, cuidados de saúde e de casa, fornecimento de bens diários, tarefas domésticas e segurança [1].

Considerando a grande variedade de subdomínios utilizados para classificar os serviços AAL (o que é natural considerando o nível de maturidade desta tecnologia) não é uma tarefa fácil identificar uma semântica comum que permita descrever e publicitação os serviços AAL disponíveis. A questão de como descrever com detalhe apropriado e como mapear automaticamente os serviços solicitados ou disponíveis é ainda um grande desafio no AAL.

A estrutura conceptual associada à CIF pode ser útil para resolver aspetos críticos relacionados com a organização dos serviços. Uma vez que as atividades e a participação (*i.e.* o envolvimento da pessoa numa situação de vida) justificam a utilização de serviços AAL, pode-se e deve-se usar a CIF para estruturar, classificar e catalogar estes serviços.

O componente atividades e participação é uma lista neutra de domínios indicando várias atividades e áreas da vida (aprendizagem e aplicação de conhecimento, tarefas e exigências gerais, comunicação, mobilidade, autocuidado, vida doméstica, interações e relacionamentos interpessoais, áreas principais da vida, e vida comunitária, social e cívica), as quais são subdivididas em três

níveis aumentado o detalhe da classificação.

A lista de áreas de atividades e participação cobre todas as áreas de funcionamento que podem ser codificadas a nível individual ou a nível social. Este componente pode ter diferentes utilizações, considerando os conceitos atividades e participação. A CIF define quatro formas de utilizar esta lista de domínios:

- Diferentes grupos de domínios de atividades e domínios de atividades e participação (não permitindo a sua sobreposição).
- Sobreposição parcial entre os grupos do domínio de atividades e participação.
- Existência de categorias detalhadas de atividades e categorias abrangentes de participação, com ou sem sobreposição.
- Utilização dos mesmos campos para ambas (atividades e participação) com sobreposição completa [2].

Para definir uma estrutura semântica que permita a caracterização de serviços AAL pode-se recorrer aos domínios de participação da CIF. Isto implica que é necessário distinguir entre atividades e participação [8]. No trabalho em curso, os dois primeiros domínios de atividades e participação (aprendizagem e aplicação de conhecimento, e tarefas e exigências gerais) foram considerados como atividades (utilizados para definir os modelos de utilizadores, uma vez que qualificam a capacidade da pessoa para realizar atividades) e os restantes sete domínios (comunicação, mobilidade, autocuidado, vida doméstica, interações e relacionamentos interpessoais, áreas principais da vida, e vida comunitária, social e cívica) foram considerados como participação uma vez que estão mais relacionados com o desempenho da pessoa [9].

A Figura 7.2 representa a organização de um serviço em camadas para um cenário



Figura 7.2 - Cenário paz de espírito.

específico (paz de espírito - *peace of mind*, cenário que permite que um filho adulto acompanhe à distância o dia a dia dos seus pais idosos [10]), utilizando o exemplo de uma coreografia de serviços AAL conceptualizados pelo projeto *Persona* [5]. Os serviços coreografados (comunidade virtual vizinha, agenda pessoal, comunicação, assistência com compras, controlo do acesso à casa) foram codificados utilizando os códigos definidos pela CIF.

Resultados preliminares demonstram o potencial da CIF como estrutura semântica para a agregação de serviços complexos. Contudo, é necessário que o trabalho seja aprofundado. Os serviços AAL enfatizam a tecnologia como um facilitador do desempenho da pessoa, melhorando a funcionalidade. Isto significa que os resultados associados ao desenvolvimento de serviços

AAL estão fortemente orientados à tecnologia, ou seja, os serviços são conceptualizados e desenvolvidos considerando o potencial da tecnologia. Isto pode causar problemas quando se tenta classificar, de acordo com a CIF, serviços já desenvolvidos ou em desenvolvimento. Contudo, é claro que uma classificação estruturada de serviços AAL não deve ser orientada à tecnologia, mas à pessoa. Este é um forte argumento para utilizar a CIF como a base para uma ontologia de serviços AAL e seus componentes.

### Modelos de Utilizadores

A criação de modelos de utilizadores fornece mecanismos para melhorar a efetividade e usabilidade dos serviços de forma a ajustar a informação disponibilizada, prever

o comportamento futuro dos utilizadores, ajudar os utilizadores a encontrar a informação relevante, adaptar as características da interação com os utilizadores aos contextos nos quais o serviço é utilizado, ou moldar as características da interação e da apresentação de informação de forma a serem adaptáveis a ambientes de múltiplos utilizadores.

Os modelos de utilizadores servem para descrever utilizadores de um sistema, de forma a prever como estes se irão comportar e realizar as diferentes tarefas. Estes objetivos são atingidos através da construção, manutenção e exploração de representações explícitas das preferências individuais. Diferentes modelos têm sido considerados para o desenvolvimento de aplicações e sistemas de informação para apoio em atividades baseadas em novos paradigmas que promovem a capacidade humana para resolver problemas. Estes modelos diferenciam os utilizadores em termos de capacidade de processamento de informação, de acordo com diferenças individuais de natureza física e psicológica, e também considerando fatores ambientais e culturais. Como resultado desta investigação foi definido um conjunto de normas significativas relacionadas com a usabilidade.

Uma dessas normas (a ISO/IEC 24756 [11]) define um *Common Access Profile* (CAP) de necessidades e capacidades dos utilizadores, sistemas computacionais e seus ambientes. O CAP foi utilizado em conjunto com a CIF pelo projeto *Vaalid* [12] numa tentativa de definir modelos de utilizadores, em particular de qualificar as capacidades das pessoas idosas que têm impacto direto no uso com sucesso de sistemas e serviços baseados em tecnologias da informação e comunicação, seguindo as recomendações do ETSI EG 202 116 [13]: capacidades sensoriais, físicas e cognitivas.

As capacidades foram classificadas utilizando as funções e estruturas do corpo, e

alguns conceitos relacionados com as atividades e a participação da CIF. Contudo, é possível dar um passo à frente devido ao facto de outros aspetos, tais como, características antropológicas ou preferências, poderem ser consideradas sob a perspetiva da CIF. A CIF, como um modelo que oferece um equilíbrio entre uma abordagem puramente médica e uma abordagem puramente social, permite caracterizar o perfil das funções e estruturas do corpo, os fatores pessoais e as atividades e participação. As funções e estruturas do corpo permitem a definição do tipo de acesso aos serviços, bem como a definição e configuração das suas *interfaces*. Os fatores pessoais permitem a caracterização das preferências pessoais na definição e configuração de serviços e *interfaces*, e as atividades e participação permitem a caracterização dos serviços que melhor se adequam a nível de funcionalidade da pessoa.

A existência de informação detalhada associada a estes componentes determina o tipo de acesso aos serviços AAL e quais as necessidades em termos de tecnologias de apoio e adaptações apropriadas. Adicionalmente, é preciso não esquecer que os modelos têm que ser dinâmicos de forma a serem ajustáveis ao contexto no qual se inserem. O contexto pode ser considerado como qualquer informação que pode ser utilizada para caracterizar a situação de uma entidade. Para além disso, é claro que nem todos os tipos de informação contextual podem ser facilmente apreendidos. Alguma informação contextual (como o estado de espírito da pessoa) apenas pode ser derivada através de uma combinação inteligente de outros tipos de informação ou através de mediação humana [14].

O modelo CIF é consistente com estas exigências, uma vez que o desempenho de uma pessoa pode ser caracterizado como o resultado de uma relação complexa entre as

condições de saúde e fatores pessoais e externos, os fatores ambientais (que podem ser agrupados nas seguintes classes: produtos e tecnologias, ambiente natural e alterações feitas pelo homem, apoio e relacionamentos, atitudes, serviços, sistemas e políticas). Uma vez que os fatores ambientais representam as circunstâncias nas quais a pessoa vive (*i.e.* o desempenho de uma pessoa nas atividades e na participação é influenciado pelas suas características e pelos fatores ambientais), eles podem ser considerados como facilitadores ou como barreiras ao desempenho da pessoa.

No desenvolvimento de modelos baseados na CIF é necessário ter em consideração que o desenvolvimento desta está ainda em progresso, o que pode colocar alguns desafios:

- Os fatores pessoais precisam de ser estudados em maior profundidade para evitar a necessidade de utilizar conceitos não contemplados na CIF para a definição completa dos modelos de utilizadores.
- No contexto dos serviços AAL é urgente identificar hábitos e rotinas. Estes são os padrões recorrentes do comportamento de uma pessoa, atividades habituais realizadas e recursos utilizados. Estes conceitos não estão explícitos na CIF, mas são relevantes para a classificação dos fatores ambientais.
- A captura e sistematização dos fatores ambientais é um dos maiores desafios [15]. Medir o impacto dos fatores ambientais na funcionalidade da pessoa é importante para otimizar intervenções e minorar as limitações nas atividades ou as restrições na participação. Recentemente, têm sido desenvolvidos vários instrumentos para avaliar o impacto dos fatores ambientais na funcionalidade da pessoa, refletindo a preocupação sobre a

inclusão deste componente numa avaliação abrangente [16].

Considerando que a CIF está ainda em desenvolvimento é necessária investigação adicional para promover o seu aprofundamento em termos de fatores pessoais, hábitos e rotinas e o desenvolvimento de metodologias abrangentes de avaliação do impacto dos fatores ambientais na funcionalidade da pessoa.

### *Avaliação de Serviços Ambient Assisted Living*

Um outro tópico que requer mais investigação é o da avaliação de serviços AAL. A avaliação do resultados associados aos desenvolvimentos tecnológicos tem sido baseada numa visão limitada e, em particular, com recurso a instrumentos de avaliação que incidem nos fatores instrumentais como, por exemplo, mobilidade, limitações físicas e sensoriais e capacidade de realizar atividades da vida diária, e, raramente, em atividades avançadas da vida diária e papéis sociais.

Há um imperativo para mudar este paradigma como resultado dos elevados níveis de desempenho que as intervenções da área da saúde e da área social exigem. Assim, é também necessário compreender como a tecnologia influencia a (re)motivação e a (re) organização do desempenho humano num determinado contexto. As pessoas podem evoluir ao longo do tempo através da realização de atividades e participação com significado, com o objetivo de atingir o controlo da própria vida e o sentido de realização. Como foi referido anteriormente, o nível de funcionalidade resulta de uma interação dinâmica entre a pessoa e o ambiente, pelo que os valores, os interesses, os hábitos ou as rotinas têm um papel muito importante e com significado.

Um modelo ecológico orientado aos aspetos práticos das atividades e participação de uma pessoa, sublinhando oportunidades para as soluções tecnológicas suportarem tais atividades e participação, é uma estrutura útil para guiar o processo de avaliação.

As atividades e a participação de uma pessoa são moduladas por uma variedade de fatores, incluindo os atributos da pessoa (por exemplo, habilidades funcionais, habilidades cognitivas ou fatores psicológicas) e atributos do contexto socio-cultural imediato e mais alargado (por exemplo, rede de suporte formal, rede social, ambiente físico ou cultural e determinantes políticos) [1].

Assumindo que os serviços AAL têm como objetivo relevar fatores ambientais associados à tecnologia no sentido de melhorar o desempenho das pessoas em termos de atividades e participação, então estes serviços devem, preferencialmente, ser avaliados tendo em consideração quais os seus impactos nas atividades e na participação dos seus utilizadores.

O modelo CIF contempla alguns dos fatores previamente apresentados e também considera que os fatores ambientais e individuais não podem ser conceptualmente separados. A perspetiva ecológica associada à CIF é razão suficiente para utilizar o seu modelo conceptual no desenvolvimento de instrumentos metodológicos para avaliar, numa perspetiva holística, o impacto do AAL na qualidade de vida dos seus utilizadores.

## Conclusão

O capítulo apresentou argumentos que suportam a possibilidade de utilizar a CIF em vários aspetos do projeto, desenvolvimento e avaliação de serviços AAL. A CIF pode ser utilizada como um modelo universal para

estruturar a caracterização semântica de serviços AAL, para definir os utilizadores e os seus ambientes, e desenvolver instrumentos metodológicos para avaliar serviços AAL.

Apesar de terem sido identificadas algumas dificuldades a possibilidade de utilizar a CIF para além do campo restrito da saúde trará contribuições interessantes ao próprio desenvolvimento da CIF.

Sendo necessário complementar a CIF com outros referenciais, ela poderá ajudar a ultrapassar problemas recorrentes como a falta de dados para criar modelos de utilizadores robustos. Salvaguardando de forma apropriada as questões éticas, a CIF pode permitir acesso quase ilimitado a informação devidamente codificada.

Por último, mas não menos importante, a utilização da CIF pode facilitar a produção de conhecimento: a existência de modelos conceptuais e terminologias universalmente aceites permite a agregação e consolidação da informação disponível, o que é essencial para o planeamento estratégico e a inovação tecnológica.

## REFERÊNCIAS

1. Broek G, Cavallo F, Odetti L, Wehrmann C. Ambient Assisted Living Roadmap. Berlim: AALIANCE Office; 2008.
2. The International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). Genebra: World Health Organization; 2001.
3. Peterson D. International Classification of Functioning, Disability and Health: An Introduction for Rehabilitation Psychologists. *Rehabilitation Psychology*. 2005; 50(2): 105-112.
4. Sun H, De Florio V, Gui N, Blondia C. Promises and Challenges of Ambient Assisted Living Systems. 6th International Conference on Information Technology: New Generations; Dubai; 2009.

5. Ochoa, E. Persona - PERceptive Spaces prOmotingiNdependent Aging - Deliverable 2.1.1 - Report Describing Values, Trends, User Needs and Guidelines for Service Characteristics in the AAL Persona Context. Bruxelas: European Commission; 2008.
6. Segarra M, André F. Building a Context-Aware Ambient Assisted Living Application Using a Self-Adaptive Distributed Model. 5th International Conference on Autonomic and Autonomous Systems; Washington; 2009.
7. Aviles-Lopez E, Villanueva-Miranda I, Garcia-Macias J, Palafox-Maestre L. Taking Care of our Elders through Augmented Spaces. Latin American Web Congress; Merida; 2009.
8. Kostanjsek N. Semantic Interoperability - Role and Operationalization of the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). International Journal of Integrated Care. 2009; 9.
9. Jette A, Tao W, Haley S. Blending Activity and Participation Sub-Domains of the ICF. Disability and Rehabilitation. 2007; 29(22): 1742-1750.
10. Rowan J. Digital Family Portraits: Support for Aging in Place. Atlanta: Georgia Institute of Technology; 2005.
11. ISO/IEC 24756: Information Technology - Framework for Specifying a Common Access Profile (CAP) of Needs and Capabilities of Users, Systems, and their Environments. Geneva: International Organization for Standardization; 2009.
12. Mocholí J, Sala P, Navarro A. Vaalid - Accessibility and Usability Validation Framework for AAL Interaction Design Process. Bruxelas: European Commission; 2010.
13. ETSI EG 202 116 v1.2.1: Human Factors (HF); Guidelines for ICT Products and Services. Sophia Antipolis: European Telecommunications Standards Institute; 2002.
14. Ramparany, F. IST Amigo Project - Deliverable D2.2 - State of the Art Analysis Including Assessment of System Architectures for Ambient Intelligence. Bruxelas: European Commission; 2005.
15. Lemberg I, Kirchberger L, Stucki G, Cieza A. The ICF Core Set for Stroke from the Perspective of Physicians: A Worldwide Validation Study Using the Delphi Technique. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine. 2010; 46(3): 377-388.
16. Alvarelhão J, Silva A, Martins A, Queirós A, Amaro A, Rocha N, et al. Comparing the Content of Instruments Assessing Environmental Factors using the International Classification of Functioning, Disability and Health. Journal of Rehabilitation Medicine. 2012; 44(4): 1-6.



## Ecossistema *Living Usability Lab*

Nelson Pacheco da Rocha<sup>1,4</sup>, Alexandra Queirós<sup>2</sup>, António Teixeira<sup>3,4</sup>, Osvaldo Pacheco<sup>3,4</sup>, Catarina Oliveira<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Secção Autónoma de Ciências da Saúde, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>4</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

### Introdução

Considerando a riqueza funcional e o grau de complexidade dos sistemas e serviços *Ambient Assisted Living* (AAL), bem como a exigência de os adequar aos requisitos e necessidades dos utilizadores finais, são necessárias metodologias inovadoras para o seu desenvolvimento e avaliação. É neste contexto que surge o *Living Usability Lab* (LUL), que pretende ser um laboratório vivo para o desenvolvimento e avaliação de sistemas e serviços para os quais a usabilidade e aceitação por parte dos potenciais utilizadores assumem uma grande importância.

### Sistemas e Serviços Ambient Assisted Living

O uso de sensores e dispositivos inteligentes é uma realidade em diferentes setores, nomeadamente os da logística e transporte, do turismo, da educação, da emergência, da vigilância pública ou da saúde, permitindo que diferentes profissionais tenham acesso a conhecimento essencial que suporte as suas decisões [1, 2, 3]. No âmbito do conceito *Ambient Intelligence* (AmI), o AAL é, atualmente, uma área de investigação e desenvolvimento com uma intensa e profícua atividade.

Com base nos dados sensoriais recolhidos, um sistema AAL é capaz de realizar processos de raciocínio e selecionar ações que, quando executadas, podem alterar o estado

do meio envolvente. Portanto, os dados resultantes das atividades de monitorização dos diferentes sensores devem ser transmitidos por uma rede de comunicação para serem pré-processados por uma estrutura tecnológica complexa (a camada operacional representada na Figura 8.1), que recolhe e harmoniza dados brutos de dispositivos heterogéneos e os transforma em informação, tais como modelos ou padrões. Para que esta informação seja útil aos utilizadores dos sistemas AAL, estes devem ter capacidades de processamento de alto nível que permitam não só avaliar situações em concreto, mas também tomar as decisões necessárias para o aconselhamento ou ajuda dos seres humanos [4, 5].

De acordo com a Figura 8.1, as ações fluem do topo para a base. Cada ação é transmitida pela rede de comunicação para os atuadores físicos.

Portanto, sentir, comunicar e atuar são questões cruciais no âmbito dos sistemas e serviços AAL [6, 7]:

- Sentir - uma rede sensorial é indispensável para a obtenção da informação adequada ao funcionamento dos sistemas e serviços AAL.
- Comunicar - todos os componentes de um sistema AAL devem estar interligados de modo a poderem comunicar entre si.
- Atuar - qualquer sistema AAL deve ser capaz de acionar vários tipos de atuadores, por forma a poder alcançar determinados objetivos.

As funções sentir, comunicar e agir exigem uma ampla gama de dispositivos físicos. Além disso, a estrutura tecnológica dos sistemas e serviços AAL têm que suportar funções adicionais, ou seja [6, 7]:

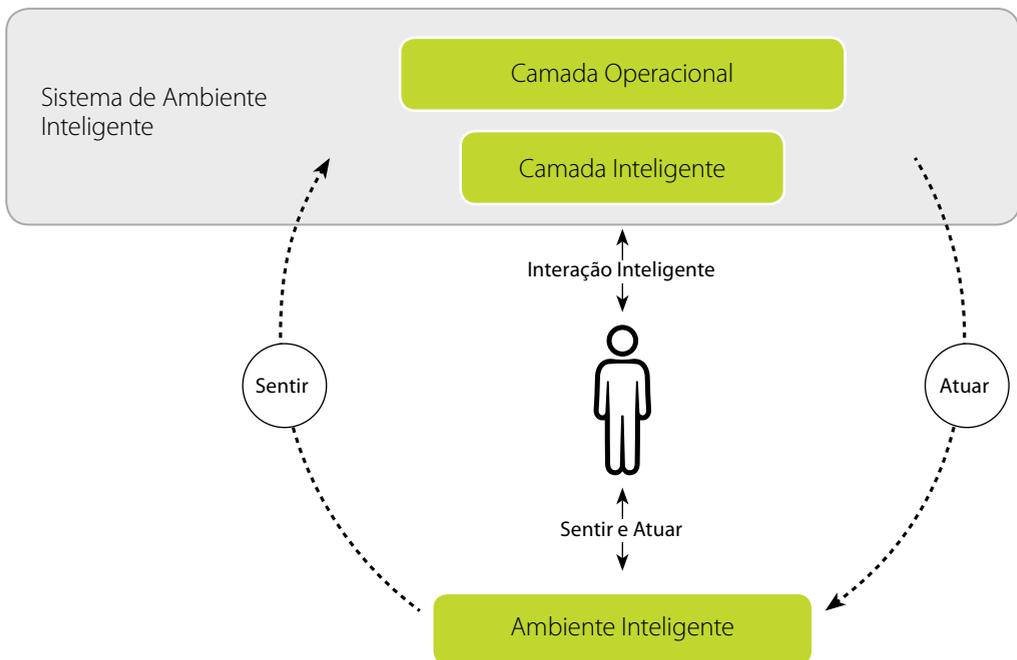


Figura 8.1 - Automação num ambiente AAL (adaptado de [8]).

- Usar - A interação com os utilizadores é um aspeto de extrema importância dos sistemas e serviços AAL.
- Beneficiar - Os sistemas e serviços AAL providenciam uma extensão à envolvente natural dos seus utilizadores e potenciam-lhes um melhor desempenho nas suas atividades diárias com o máximo conforto possível.
- Envolver - Os sistemas e serviços AAL ajudam os seres humanos a tomar parte ou participar em todas as áreas da vida, a serem aceites e incluídos nos respetivos meios sociais, ou terem um acesso facilitado aos recursos que necessitam.

Os sistemas e serviços AAL devem distinguir, adequadamente, as pessoas presentes numa determinada situação e contexto, quais os seus papéis, as suas necessidades, as suas preferências, ou as suas limitações, por forma a proporcionarem respostas personalizadas e adequadas no espaço e no tempo, e anteciparem desejos sem que para tal tenha que existir uma mediação consciente. A partir de informação disponível sobre seus utilizadores, os sistemas e serviços AAL devem ser capazes de decidir quais as funções a providenciar, quando as providenciar, a quem as providenciar e como as providenciar. Tal significa que os sistemas AAL devem possuir mecanismos inteligentes para a apreensão do contexto circunstancial e para a gestão da interação com os utilizadores (a camada inteligente da Figura 8.1) [9].

Finalmente, os sistemas e serviços AAL têm que ser suportados em arquiteturas eficientes para integrar uma plêiade de dispositivos físicos heterogêneos, redes de comunicação, componentes e subsistemas inteligentes. Além disso, as arquiteturas de suporte devem gerir e disponibilizar os recursos necessários ao fornecimento dos diversos serviços e também serem suficien-

temente flexíveis para acomodarem situações específicas.

## Requisitos de Interação

Os sistemas e serviços AAL devem ser de uma utilização fácil, com o recurso a modalidades de interação que sejam amigáveis para todos os utilizadores, particularmente para aqueles que apresentam dificuldades na utilização de soluções tecnológicas [4, 10].

As pessoas idosas não constituem um grupo homogêneo, mas sim múltiplos grupos com necessidades e preferências próprias. As pessoas idosas são, necessariamente, diferentes entre si, em termos das suas idades, das suas posições na sociedade ou das suas histórias de vida, pelo que existem enormes variações associadas, por exemplo, ao seu estrato social, às suas formações culturais, às suas regiões de origem ou às regiões onde viveram a maior parte de suas vidas. Nesta perspetiva, a gestão da interação deve providenciar [4]:

- Uso equitativo.
- Flexibilidade de utilização.
- Formas de interação simples e intuitivas.
- Informação perceptível.
- Tolerância ao erro.
- Baixo esforço físico.

Os sistemas e serviços AAL podem possuir uma grande variedade de formas de interação. Com base na experiência de projetos anteriores algumas recomendações devem ser consideradas para se conseguir formas de interação amigáveis [11]:

- Os sistemas e serviços AAL devem funcionar sem restrições funcionais, porque estas podem significar frustrações para os utilizadores finais e levá-los a desistir.
- Otimizar o número de ações necessárias. O AAL deve significar uma melhoria das

formas de controlo disponíveis, pelo que a ativação das diferentes ações deve tornar-se facilmente rotineira.

- Todas as formas de controlo devem ser transparentes e facilmente utilizáveis.
- O que é velho é familiar. O ambiente doméstico é muito pessoal. A tecnologia deve integrar-se dentro do ambiente e não introduzir alterações substanciais que podem criar desconforto para os habitantes.
- O *feedback* em simultâneo com a realização das ações torna-se muito importante para a pessoa idosa. Em muitos casos tal *feedback* deve ser providenciado através de várias modalidades.
- Informação adicional é importante. Por exemplo, para a pessoa idosa a repetição de informação pode ser útil não só para receber *feedback* sobre o uso da tecnologia instalada, mas também para torná-la consciente de possibilidades que poderá ter esquecido.
- Ligações claras entre aplicações distintas. Os utilizadores têm que entender o significado das suas opções e estarem cientes das consequências das ações que desencadeiam.

Na definição dos requisitos de interação para os sistemas e serviços AAL devem ser considerados diferentes níveis [11]:

- Nível 1 - Interação com dispositivos que estão muito próximos da pessoa ou mesmo em contacto com partes do seu corpo.
- Nível 2 - Interação com dispositivos de uso geral (por exemplo, televisores, frigoríficos ou torradeiras) que envolvem a pessoa no seu ambiente doméstico.
- Nível 3 - Interação não permanente com sistemas complexos como, por exemplo, automóveis.
- Nível 4 - Interação com dispositivos

através de comunicação móveis que permitam a cobertura generalizada de grandes áreas.

- Nível 5 - Interação com dispositivos interconectados, já que a riqueza das funções disponíveis cresce proporcionalmente ao número de dispositivos que constituem os sistemas.
- Nível 6 - Interação com as entidades mais externas e mais distante do mundo real imediato, ou seja o *Cyberworld*.

O paradigma associado aos sistemas interativos é caracterizado pelo facto de a interação ser explícita através de diferentes modalidades, em que o primeiro passo do processo interativo pertence aos utilizadores. No entanto, para nos aproximarmos da visão idealizada dos sistemas e serviços AAL são necessárias novas formas de interação implícitas. No âmbito de uma interação implícita, o primeiro passo é da responsabilidade do sistema que sugere uma determinada possibilidade. Aos utilizadores cabe confirmarem se aceitam ou não a opção sugerida. Esta distinção é importante e qualquer projeto de gestão da interação deve considerar a consciência dos utilizadores sobre a maneira como o sistema funciona.

Para a gestão da interação no âmbito dos sistemas e serviços AAL, adicionalmente às entradas e saídas explícitas, é também preciso considerar entradas e saídas implícitas:

- Entradas implícitas são ações e comportamentos dos seres humanos que, embora realizados para alcançar determinados objetivos, não são explicitamente desencadeados para interagirem com um determinado sistema, mas que quando capturados por este podem ser reconhecidos e interpretados como entradas.
- Saídas implícitas são reações do sistema não diretamente relacionadas com uma

entrada explícita e que estão perfeitamente integradas nas tarefas que os utilizadores estão a realizar.

O conceito interação por mediação é utilizado para identificar necessidades e para compreender a interação entre os utilizadores e o sistema nos diferentes estágios da execução de uma dada tarefa. No limite, no decorrer de uma situação pode não haver necessidade de negociação explícita entre os seres humanos e os artefactos do meio envolvente, porque tudo se desenrola de acordo com os pressupostos implícitos e funcionalmente integradas nos sistemas e serviços AAL. No entanto, se a situação se desenrolar de forma a haver lugar a diferentes alternativas (por exemplo, se ocorre uma avaria ou se os utilizadores alteraram os seus objetivos) então necessariamente há lugar à mediação.

A mediação coloca o enfoque na interação como um processo que pode começar e terminar em lugares diferentes e que tem diferentes níveis de detalhe, pelo que todos os componentes envolvidos num processo de mediação precisam de linguagens comuns para partilharem a compreensão das situações e dos possíveis conflitos ou problemas que é necessário resolver.

## Metodologias Living Lab

Nas metodologias tradicionais, a investigação e o desenvolvimento são, geralmente, fechados e exigem que os participantes tenham o controlo completo do processo de inovação, a fim de o realizarem com sucesso. O paradigma de inovação aberta, em contraste com as abordagens mais fechadas, propõe que os promotores da investigação e desenvolvimento sejam recetivos a fontes de conhecimento tanto internas como externas. Assim, quem tenta inovar necessita de consi-

derar tanto as ideias internas como externas e de utilizar canais internos e externos de acesso ao mercado.

Para além da atratividade de utilização de fontes externas de conhecimento, a existência de canais com os mercados podem proporcionar mais-valias. Os utilizadores têm requisitos heterogéneos e estão dispostos a pagar mais por soluções estreitamente relacionadas com as suas necessidades individuais. A vantagem de um processo de inovação centrado no utilizador é a de que as soluções encontradas podem responder exatamente ao que os utilizadores pretendem, o que pode proporcionar um maior sucesso em termos comerciais.

Na prática, é frequentemente muito difícil mudar o centro das atividades de desenvolvimento de sistemas e serviços de quem desenvolve para os utilizadores finais. Neste aspeto, é fundamental encontrar utilizadores que sejam exemplos significativos do público-alvo, o que pode exigir o envolvimento de uma gama muito variada de utilizadores finais.

Os utilizadores ao serem envolvidos no processo de inovação devem-no ser desde as fases iniciais da investigação e geração de ideias até às fases posteriores do desenvolvimento e implementação. Um *living lab* é um ambiente de investigação e desenvolvimento onde os utilizadores são expostos a novas soluções em contextos semi-realistas, no âmbito de estudos de médio ou longo prazo que visam antecipar oportunidades de inovação [12]. De acordo com esta aproximação os utilizadores não são encarados como um problema, mas sim um valor acrescentado que permite:

- Aumentar a compreensão de fenómenos reais.
- Explorar e avaliar novos conceitos, ideias e artefactos.
- Confrontar novos conceitos, ideias e

artefactos com o sistema de valores dos utilizadores.

- Possibilitar a reutilização de conhecimento e instrumentos (por exemplo, bases de dados, metodologias ou protocolos de investigação).
- Desenvolver sistemas e serviços com uma boa aceitação por parte dos potenciais utilizadores.
- Facilitar a evolução dos conceitos para o mercado.
- Contribuir para iniciar novos mercados com potencial.
- Aproximar a ciência e a inovação ao cidadão comum.

A metodologia *living lab* compreende vários passos: geração de novas ideias e novos conceitos, desenvolvimento, experimentação e avaliação de ideias, conceitos e protótipos. O comportamento dos utilizadores é registado através de relatos dos próprios ou de técnicas observacionais não intrusivas. As ideias e conceitos a explorar devem ser traduzidos em soluções sustentáveis por equipas multidisciplinares através de sessões de cocriação. Os primeiros protótipos podem ser instalados no *living lab* e avaliados por utilizadores temporários. Finalmente, protótipos completamente funcionais devem ser instalados nos contextos familiares ou de trabalho de potenciais utilizadores, a fim de permitir uma avaliação o mais realista possível.

O objetivo principal dos modelos, métodos e ferramentas de investigação de um *living lab* é o de possibilitar a experimentação por parte dos utilizadores finais e garantir a quantidade e qualidade dos dados coletados. Neste particular, considerando a quantidade de informação crescente e o refinamento dos modelos de utilizadores, são necessárias ferramentas sofisticadas de abordagem multidisciplinar, articulando o conhecimento dos

fatores humanos com técnicas de mineração de dados, por forma a permitir a compreensão e a interpretação dos fenómenos a partir de diferentes perspetivas [13]. Em consequência, um conjunto lato de ferramentas tem que ser considerado [13]:

- Modelos de utilizadores.
- Ambientes virtuais que permitam a prototipagem rápida.
- Simuladores.
- Ferramentas que permitam a experimentação fora das fronteiras físicas do *living lab*.

Adicionalmente, um *living lab* também deve providenciar serviços que permitam a disponibilização eficiente dos recursos existentes, a monitorização e aplicação do conhecimento, bem como a sua transferência e valorização. Por último, mas não menos importante, é preciso considerar atividades de formação com o objetivo de potenciar o aparecimento de massa crítica.

### Visão Geral do *Living Usability Lab*

Os objetivos principais do LUL são a investigação translacional e o desenvolvimento, integração, validação e avaliação de novas tecnologias relacionadas com a interação dos utilizadores no âmbito dos sistemas e serviços AAL. Por definição, um *living lab* não é apenas um conjunto de serviços de informação, mas sim uma entidade complexa composta por espaços físicos e infraestruturas (serviços, sistemas de informação e comunicação, dispositivos periféricos, ferramentas de desenvolvimento e metodologias de análise, especificação, avaliação, validação e divulgação dos resultados) e requer um intenso envolvimento das partes interessadas (*stakeholders*), quer sejam, por exemplo, utilizadores finais, prestadores de serviços,



Figura 8.2 - Modelo Conceptual do LUL.

investigadores, estudantes ou decisores políticos, para permitir a investigação e desenvolvimento, em contínuo, de novos sistemas e serviços. As entidades do LUL podem ser subdivididas em (Figura 8.2):

- Partes interessadas.
- Serviços de aplicação.
- Metodologias.
- Plataforma de desenvolvimento.
- Infraestrutura lógica e física.

### Partes Interessadas

Os potenciais utilizadores devem ser encarados como participantes no processo de inovação, através da geração de novas ideias, refinamento de ideias existentes, ou apenas atores que participem e autorizem ser observados em processos de validação e de avaliação. Portanto, aos utilizadores cabe um papel central no LUL, quer no processo iterativo de desenvolvimento de sistemas e serviços, quer como agentes de difusão (papel de *marketing*). Os utilizadores tanto podem ter uma motivação intrínseca (por exemplo, interesses na inovação ou, apenas, participar como recreação), como também ter uma

motivação extrínseca (por exemplo, normas organizacionais ou incentivos financeiros e materiais), o que tem que ser tido em conta.

Os utilizadores finais podem ser:

- Pessoas idosas interessadas em manter as suas tarefas e atividades normais do dia a dia, inclusive a participação social. No entanto, também devem ser consideradas pessoas idosas que têm limitações nas atividades ou restrições na participação devido, nomeadamente, a condições de saúde específicas.
- Familiares e outros cuidadores informais que precisam, ou pelo menos têm que ter a possibilidade, de acompanhar utentes com necessidades especiais.

No âmbito do LUL pretende-se envolver os utilizadores finais, mas também os prestadores de cuidados formais potencialmente interessados em sistemas e serviços inovadores:

- Prestadores de cuidados de saúde, responsáveis por providenciar o acompanhamento e a vigilância de utentes com condições de saúde específicas (por exemplo, através na monitorização, em tempo real, das suas condições físicas e

emocionais, da adequação da medicação ou das suas atividades do dia a dia) e que têm que tomar decisões sobre problemas detetados com base no acesso a informação sobre os utentes.

- Prestadores de cuidados de âmbito social, para quem a possibilidade de supervisionar e prestar auxílio remotamente aos seus utentes representa uma grande mais-valia.

Adicionalmente, foram considerados outros prestadores de serviço, nomeadamente:

- Profissionais de centros de lazer capazes de providenciarem, não necessariamente de uma forma gratuita, atividades de ocupação dos tempos livres da pessoa idosa.
- Profissionais de vendas de sistemas e serviços que devem ser capacitados para desenvolverem soluções comerciais especializadas e direcionadas para a pessoa idosa.

Para concluir uma categorização que englobe todas as contribuições dos diferentes atores necessários ao sucesso do LUL, é preciso considerar três categorias adicionais [14]:

- Investigadores, quer porque os seus trabalhos de investigação podem impulsionar projetos inovadores, quer porque podem beneficiar das sinergias do próprio LUL, nomeadamente a capacidade de envolvimento de um grande número de utilizadores e a proximidade com organizações assistenciais e empresariais. Uma subcategoria no âmbito dos investigadores, é a subcategoria estudante, quer da área das engenharias, quer das áreas de saúde ou ciências sociais.
- Parceiros industriais interessados na qualidade e sucesso dos seus projetos, os quais podem ser motores de linhas ino-

vadoras ou usufruírem do potencial do LUL para o desenvolvimento de melhores sistemas e serviços.

- Decisores políticos que podem ajudar a criar e manter redes de apoio ao ambiente de inovação do LUL.

Deve ainda referir-se que a existência de serviços de apoio é uma questão fulcral para um *living lab*. A investigação translaçional exige a existência de capacidades para a motivação e satisfação de potenciais interessados na utilização dos serviços e para angariação, gestão e apoio metodológico de projetos inovadores. Tais serviços devem ser devidamente considerados no âmbito da gestão global do LUL.

### Serviços de Aplicação

Tradicionalmente, o enfoque da educação são as crianças e jovens, o trabalho é obrigação dos adultos de meia-idade, e aos mais velhos compete usufruírem das suas reformas. Este associar corrente dos cidadãos mais velhos a um estágio de vida dependente é pouco coincidente com a forma como a sociedade contemporânea se está a desenvolver. A visão tradicional deve ser substituída por abordagens que sustentem a solidariedade entre gerações e proporcionem uma maior segurança e conforto para todos os cidadãos, independentemente das suas idades.

Muitas vezes, no desenvolvimento de sistemas e serviços tecnológicas, a pessoa idosa é considerada muito frágil, sem recursos, caracterizada por ter uma série de patologias, e um bom exemplo de más condições de saúde, limitações ou restrições [4]. Enfim, um paciente, em vez de um cidadão. Tal perspectiva está relacionada com a imagem do envelhecimento associado a uma rápida deterioração das condições de saúde e con-

sequente aumento de dependência e redução de participação social, o que pode potencializar riscos de isolamento e depressão.

Um desejo comum é que as pessoas idosas possam manter uma vida saudável e autônoma o mais tempo possível, com uma participação continuada na sociedade e na economia, e não como um fardo.

Uma forma adequada de abordar a tomada de decisões nesta área é a de pensar em processos que capacitem em vez das incapacidades em si. As incapacidades tendem a aumentar as necessidades da pessoa idosa e levar ao seu isolamento e dependência, enquanto, por sua vez, os processos que capacitam poderão permitir a eliminação de barreiras com o objetivo de facilitar as atividades e a participação da pessoa idosa em todas as facetas da vida humana [15].

É possível, nos mais variados setores, pensar em medidas que limitem o impacto da deficiência e permitirem àqueles que a têm uma participação plena na vida comunitária. Alguns exemplos de possíveis iniciativas que capacitam são a eliminação de barreiras associadas aos postos de trabalho, a adaptação de postos de trabalho, a abertura para contratos em tempo parcial, vias públicas bem iluminadas que possibilitem a circulação segura, temporizações adequadas de semáforos que possibilitem às pessoas atravessarem as ruas de acordo com o seus ritmos próprios, programas de atividades físicas que ajudem as pessoas a manter a mobilidade ou a recuperar a energia que necessitam para atividades diversas [15].

Na perspectiva dos promotores do LUL, o desenvolvimento de sistemas e serviços AAL deve enfatizar a capacitação em vez de incapacidade. Portanto, os sistemas e serviços AAL devem contribuir para a manutenção da qualidade de vida da pessoa idosa, o que é largamente determinado pela sua capacidade de manter a autonomia e a independência [15]:

- Qualidade de vida é a percepção que uma pessoa tem da sua vida, de acordo com o sistema de valores vigentes, o contexto geográfico, social e cultural, e as suas preocupações, padrões, objetivos e expectativas. É um conceito abrangente que incorpora, de uma maneira complexa, a saúde física, o estado psicológico, o nível de independência, as relações sociais, as crenças pessoais e o relacionamento com o meio envolvente [16].
- Autonomia é a capacidade percebida para tomar decisões pessoais, bem como controlar e enfrentar as situações relacionadas com as atividades do dia a dia, de acordo com regras e preferências próprias.
- Independência é comumente entendido como a capacidade de executar funções relacionadas com a vida diária, ou seja, a capacidade de viver independentemente na comunidade com nenhuma ou pouca ajuda de terceiros.

A perspectiva de capacitar está presente no conceito envelhecimento ativo [16] que fornece uma compreensão positiva das últimas fases da vida, tendo em conta as tendências sociais e tecnológicas e as perspectivas de evolução futura da sociedade contemporânea [17].

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), existem três pilares básicos do envelhecimento ativo [16]:

- Participação - As pessoas podem contribuir de uma forma produtiva para a sociedade em atividades remuneradas e não remuneradas, à medida que envelhecem, se o mercado de trabalho, as políticas públicas de educação, saúde e de âmbito social, e os programas de apoio promoverem a sua plena participação nas atividades socioeconômicas, culturais e espirituais, de acordo com as suas capacidades, necessidades e pre-

ferências, bem como de acordo com os direitos humanos fundamentais.

- Saúde - Se os fatores de risco (tanto ambientais como comportamentais) associados a doenças crônicas e ao declínio funcional forem minimizados, enquanto os fatores de prevenção e proteção forem maximizados, tendencialmente as pessoas tenderão a viver mais tempo com qualidade de vida. Aqueles que permanecerem saudáveis serão capazes de gerir as suas próprias vidas à medida que envelhecem, enquanto que, para aqueles com estados de saúde críticos, devem existir uma gama adequada de serviços de saúde e de âmbito social que atendam às suas necessidades e direitos.
- Segurança - Se as políticas públicas garantirem as necessidades de segurança social, financeira e física e os direitos da pessoa idosa então serão asseguradas a dignidade, a proteção e a assistência daqueles que são menos capazes de se protegerem.

Considerando a visão geral associada ao envelhecimento ativo, o projeto *Bridging Research in Ageing and ICT Development* (BRAID) [18] desenvolveu quatro áreas macro que englobam os diferentes interesses e necessidades da pessoa idosa. Ao envelhecer, qualquer pessoa pode precisar de apoio numa ou mais das seguintes áreas:

- Vida independente (*independent living*).
- Saúde e qualidade de vida (*health and care in life*).
- Ocupação (*occupation in life*).
- Recreação (*recreation in life*).

Vida independente requer aplicações tecnológicas para apoiarem as atividades normais da vida diária (por exemplo, tarefas do quotidiano, mobilidade ou segurança). Saúde e qualidade de vida aborda como as

tecnologias podem apoiar as atividades relacionadas com a saúde (por exemplo, monitorização remota, ajuda em situações de emergência ou supervisão de exercícios físicos de manutenção ou reabilitação). Finalmente, as áreas ocupação e recreação endereçam, respetivamente, questões relacionadas como a tecnologia pode apoiar a continuação das atividades profissionais e facilitar a socialização e participação das pessoas idosas na vida social e em atividades de lazer, de aprendizagem, culturais, políticas ou religiosas.

### *Vida Independente*

A independência está fortemente relacionada com a capacidade de executar Atividades da Vida Diária (AVD). Existem dois grupos de AVD:

- AVD básicas que compreendem a aplicação das competências e capacidades necessárias ao autocuidado diário (por exemplo, a higiene pessoal, o vestir e o despir, a alimentação ou a mobilidade).
- AVD instrumentais que permitem à pessoa viver de forma independente na comunidade. Englobam competências e capacidades para além daquelas que são necessárias ao autocuidado básico e, tipicamente, estão associadas a tarefas como cozinhar, limpar e fazer compras, bem como outras tarefas menos exigentes sob o ponto de vista físico mas não menos complexas como, por exemplo, conduzir, operar aparelhos eletrónicos ou gerir o orçamento familiar.

As AVD básicas estão fora do âmbito do LUL já que a maioria das vezes exigem a intervenção de prestadores de cuidados.

A impossibilidade de realizar AVD instrumentais como a manutenção do lar (por exemplo, limpar, executar compras, cozinhar ou passar a ferro) implica, geralmente, que a

pessoa idosa precisa de ajuda e, embora em algumas circunstâncias possa viver sozinha, está na fronteira da dependência. É claro que os sistemas e serviços AAL não poderão satisfazer na totalidade tais necessidades, mas poderão mitigá-las [4]. Por exemplo, os sistemas e serviços AAL podem providenciar serviços que funcionem como auxiliares de memória para promover a independência da pessoa idosa isolada [4]:

- Orientação nas tarefas caseiras.
- Assistência aos cuidados pessoais.
- Assistência na preparação das refeições.
- Assistência nas compras.
- Assistência ao controlo dos dispositivos existentes na habitação.
- Orientação à mobilidade.
- Orientação à resolução de dificuldades associadas a situações desconhecidas.
- *Feedback* positivo ou de confirmação.
- Suporte ao auto-cuidado.

Por outro lado, em geral, as pessoas idosas preocupam-se com a sua segurança pessoal. As causas mais comuns da sensação de insegurança são os riscos de se verem envolvidas numa situação de violência, de uma alteração súbita do seu estado de saúde, de ficarem dependentes de terceiros, ou de perda de um familiar. A insegurança está, geralmente, relacionada com a sensação de medo, o que pode levar à renúncia de participação em atividades sociais e, assim, ao isolamento (por exemplo, medo de sair ou de abrir a porta ou interagir com pessoas desconhecidas) [4].

A pessoa idosa está pouco imune a um variado leque de lesões por múltiplas razões. Por exemplo, as quedas são, entre a população idosa, uma causa frequente de lesões mais ou menos graves, e implicam elevados custos de tratamento. Superfícies escorregadias ou irregulares, iluminação deficiente ou ausência de corrimões de apoio são exemplos de

barreiras ambientais que aumentam os riscos de queda. Na maioria das vezes, as quedas ocorrem no ambiente doméstico e poderiam, eventualmente, serem evitadas [4].

A população idosa constitui um grupo de risco em termos de incêndios devido à deterioração do sentido do olfato, à mobilidade reduzida e menor à resistência aos efeitos de intoxicação e queimaduras. As principais causas de envenenamento accidental de pessoas com mais de 65 incluem o monóxido de carbono, o gás canalizado e a medicação excessiva [4]. As consequências resultantes de medicação não conforme (por exemplo, uso excessivo e abuso e alteração de horários e doses) são graves para a pessoa idosa.

Os sistemas e serviços AAL podem contribuir para o reforço da segurança da pessoa idosa (por exemplo, dispensadores de medicamentos inteligentes ou dispositivos de alarme) e, conseqüentemente, reduzir o seu receio de não ser capaz de dominar as situações do seu quotidiano e permitir a manutenção das suas atividades e participação [4].

### *Saúde e Qualidade de Vida*

As alterações demográficas e o conseqüente impacto em termos de doenças crónicas exigem mudanças substanciais nos paradigmas de prestação de cuidados, nomeadamente, o aparecimento de modelos multidimensionais de prestação de cuidados continuados no espaço e do tempo. Tal exige uma reorientação dos sistemas de saúde, atualmente organizados para responder a experiências episódicas de doença e a situações de emergências [4].

Os modelos atuais de prestação de cuidados de saúde são inadequados para atender as necessidades de saúde de uma população que está rapidamente a envelhecer e que tem um conjunto de patologias crónicas (por exemplo, cegueira e deficiência visual,

doenças coronárias, hipertensão, acidentes cardiovasculares, diabetes, doenças oncológicas, doenças neurodegenerativas, doenças pulmonares obstrutivas, condições músculo-esquelético ou condições de saúde mental) [4]. O envelhecimento demográfico da população contemporânea irá acentuar, a médio e longo prazo, o aumento da procura de serviços e medicação associados ao tratamento e acompanhamento de doenças crônicas, alívio da dor e manutenção da qualidade de vida, o que exige um esforço renovado para garantir que tais recursos sejam acessíveis a preços razoáveis, sem sacrifício de uma relação custo-benefício sustentável.

Os sistemas e serviços AAL podem contribuir para este esforço, nomeadamente a nível de prevenção da doença e promoção da saúde, vigilância remota das condições de saúde e apoio a prestadores de cuidados formais e informais [4].

### Ocupação

As soluções tecnológicas podem contribuir para permitir que a pessoa idosa mantenha atividades profissionais, quer remuneradas, quer numa base de voluntariado. As formas de ocupação podem ser muito diferentes de pessoa para pessoa e dependem, não só da estrutura laboral (diferente de setor para setor), mas principalmente dos objetivos, expectativas, flexibilidade, competências, oportunidades e capacidades funcionais individuais. O trabalho em equipas com membros de diferentes gerações, a formação, o aconselhamento ou a consultoria são alguns exemplos de ocupação da pessoa idosa [18].

### Recreação

O sentimento de solidão pode ser acentuado pelo aumento da idade ou de condições circunstanciais como viver isoladamente fora

do seu ambiente familiar, perda de entes queridos ou más condições de saúde. A promoção de participação social pode contribuir para minorar sentimentos de solidão. A pessoa idosa pode ser apoiada no sentido de manter os contactos com outras pessoas e, em geral, permanecer ocupada ao longo dos dias (através da participação em diferentes atividades recreativas) [4]. Nesse sentido, a área recreação pode englobar um vasto leque de atividades e participação onde podem ser utilizados sistemas e serviços AAL como, por exemplo, artesanato e *hobbies*, jogos, desporto e atividades físicas, entretenimento, interação com familiares e amigos ou participação na vida cultural, política e religiosa [18].

### Metodologias

O LUL não deve ser apenas um repositório de tecnologias. É essencialmente um ambiente iterativo com a finalidade de facilitar a investigação, desenvolvimento, integração, validação e avaliação de tecnologias multimodais e monitorização dos utilizadores que permitam novas formas de interação. Neste sentido, o LUL tem necessariamente a propor e desenvolver novas metodologias, em particular para a especificação e avaliação de novos sistemas e serviços com uma forte participação de potenciais utilizadores ou para a difusão do conhecimento.

### Plataforma de Desenvolvimento

O projeto de sistemas distribuídos que integram uma plêiade de dispositivos heterogêneos e com comportamentos dinâmicos ao longo do tempo é uma tarefa complexa. Um sistema distribuído é composto por componentes de *hardware* e *software* autó-

nomos e que comunicam entre si através de uma rede de comunicação. Os vários componentes podem ser implementados com diferentes aproximações a nível de *software* (em particular, linguagens de programação) e implantados em diferentes plataformas de *hardware*. Em consequência, sob o ponto de vista de engenharia, têm que ser ultrapassadas inúmeras dificuldades relacionadas com a interoperabilidade entre sistemas, a gestão dos recursos computacionais, a sincronização entre processos, a garantia de manutenção de níveis de desempenho adequados, a segurança, a fiabilidade e a escalabilidade.

A agregação de componentes autónomos num sistema distribuído requer a definição de protocolos de comunicação que tem que ser respeitados e compreendidos por todas as partes envolvidas. Diversos modelos, arquiteturas de desenvolvimento e tecnologias têm sido propostos ao longo dos últimos 30 anos para facilitar o desenvolvimento e implantação de sistemas distribuídos [13], tais como aproximações baseadas na existência de uma camada de serviços tecnológicos comuns (*Middleware*).

Os serviços tecnológicos comuns fornecem um conjunto de funções que se situam entre a camada operacional da rede de comunicação e a camada aplicação e que têm como objetivo o de proporcionar soluções conhecidas e validadas que possam ser reutilizadas para resolver problemas comuns associados ao desenvolvimento de aplicações específicas, nomeadamente problemas relacionados com a heterogeneidade, a interoperabilidade, a segurança ou a fiabilidade. As infraestruturas de desenvolvimento mais divulgadas que suportam serviços tecnológicos comuns foram introduzidas no início dos anos 90 do século passado e, normalmente, baseiam-se no paradigma orientado a objetos (por exemplo, a *Common Object Request Broker Architecture* - CORBA, o *Distributed Component Object Model* - DCOM

ou o *Java Remote Method Invocation* - RMI), o que significa que as aplicações distribuídas e as funções de mais alto nível podem ser desenvolvidas em termos de objetos distribuídos que providenciam funções básicas de gestão e interação. Embora a existência de serviços tecnológicos comuns facilite significativamente o desenvolvimento de aplicações distribuídas, é preciso considerar que o desenvolvimento de aplicações requer ainda soluções para atributos não funcionais como, por exemplo, a gestão da persistência da informação [13].

O tipo de arquitetura distribuída a selecionar para a plataforma de desenvolvimento do LUL deve permitir a interoperabilidade entre aplicações distintas, recorrendo a um conjunto variados de dispositivos e suportadas em plataformas de *hardware* geograficamente distribuídas. Para além disso, a plataforma de desenvolvimento deve ter componentes multifuncionais, nomeadamente as necessárias para integrar sensores e atuadores, definir perfis dos utilizadores, ajustar dinamicamente a interação dos utilizadores (por exemplo, *interfaces* multimodais com capacidades internas de adaptação dinâmica, e modelação dos utilizadores e do contextos envolventes).

A generalização do uso da rede *Internet* e a heterogeneidade dos sistemas, componentes e dispositivos a ela conectados levaram à definição de paradigmas de computação orientado a serviços. Uma Arquitetura Orientada a Serviços (*Service Oriented Architecture* - SOA) permite o desenvolvimento de componentes *software* como serviços que podem ser utilizados a pedido. O benefício dessa abordagem reside num menor acoplamento dos componentes de *software* que contribuem para uma dada aplicação de um sistema distribuído, o que facilita a evolução deste em função de alteração de requisitos

como, por exemplo, a alteração do comportamento de um ou mais componentes [13].

Os elementos da arquitetura proposta para a plataforma de desenvolvimento LUL podem ser subdivididos nas seguintes camadas [19]: aplicação, serviços LUL, serviços comuns e infraestrutura.

O domínio de aplicação selecionado para instanciar, avaliar e validar a arquitetura proposta é o dos sistemas e serviços AAL. Assim, as aplicações a desenvolver, são as necessárias para sistemas e serviços relacionados com vida independente, saúde e qualidade de vida, ocupação e recreação.

A camada aplicação deve possibilitar a composição dinâmica de serviços tecnológicos, o que é essencial para permitir a congregação de diferentes funções necessárias ao desenvolvimento de aplicações eficientes. Assim, a camada aplicação deve ser suportada em linguagem da descrição padrão, para permitir a descoberta e invocação de serviços de uma forma independente dos detalhes da sua execução. Esta descrição é fundamentalmente sintática e funcional (por exemplo, a *interface* funcional de acesso ao serviço para operações que podem ser invocadas remotamente). Um exemplo de uma linguagem adequada à descrição de serviços é a *Web Services Description Language* (WSDL).

A camada serviços LUL contém as funções para facilitar a usabilidade e aceitação dos sistemas e serviços. Tem que gerir a interação dos utilizadores, agregar dados acerca do contexto e combinar múltiplas fontes de informação para antecipar ações.

A camada serviços comuns contém as funções necessárias ao funcionamento distribuído dos sistemas e serviços AAL. Fornece as funções de comunicação e de descoberta de serviços e dispositivos disponíveis, as quais devem ser baseadas em normas existentes para possibilitar a independência

em relação a configurações específicas de *hardware* e *software*. Adicionalmente, existem outros mecanismos que devem ser considerados [20, 21]:

- *Interface* padrão para a conexão de dispositivos físicos, independentemente das suas características.
- Gestão da Qualidade de Serviço (QoS) que garanta a disponibilidade, a tolerância a falhas ou a minimização de tempos de atraso das infraestruturas de comunicação.
- Mecanismos que garantam o conjunto de princípios que caracterizam um sistema seguro, nomeadamente, confidencialidade, integridade, autenticidade ou demonstrabilidade da origem.

Dado que os diferentes dispositivos recorrem a um leque variado de protocolos e infraestruturas é preciso, para que haja comunicação, uma maneira de interligar os diferentes protocolos. Nesse sentido, a existência de *interfaces* padrão para a conexão de dispositivos físicos permite que o acesso a diferentes dispositivos seja feito através de *interfaces* que abstraem, tanto quanto for possível, as propriedades intrínsecas de cada dispositivo.

Finalmente, a camada infraestrutura engloba o conjunto de componentes físicos a incluir nos diferentes cenários de utilização.

As ações a desencadear devem ser adaptadas aos perfis dos utilizadores e respetivos contextos de utilização e ter em conta a evolução dinâmica ao longo do tempo dos requisitos e comportamentos dos utilizadores, bem como do contexto envolvente. Em consequência, devem existir componentes da camada serviços LUL relacionados com a gestão da interação com os utilizadores e gestão da sensibilidade ao contexto.

### *Gestão da Interação com os Utilizadores*

Os sistemas e serviços AAL providenciam interações complexas com os humanos. Analogamente à comunicação interpessoal, as diferentes modalidades que podem sustentar uma interação pessoa sistema podem ser definidas de acordo com sua relação com os cinco sentidos humanos, ou as suas equivalências em termos de tecnologias existentes. Alguns sentidos são pouco explorados pelas tecnologias atuais, como o olfato ou o paladar, ao passo que outros sentidos, tal como a visão ou o tato, são de utilização evidente [19]:

- Audição - qualquer som, nomeadamente o som resultante da voz, pode ser utilizado para interações explícitas ou implícitas.
- Visão - a visão oferece uma ampla gama de possibilidades para as interações explícitas ou implícitas com os utilizadores.
- Tato - o sentido tátil pode permitir a aquisição de vários tipos de informação, tais como nível de pressão, temperatura e o reconhecimento de texturas.

Num sistema AAL, a gestão da interação com os utilizadores engloba vários subsistemas estreitamente relacionados, tais como componentes para a gestão de diálogo e de interação multimodal ou componentes que permitem a interação através de modalidades específicas (incluindo *interfaces* tangíveis, dispositivos de entrada e saída que facilitem interações naturais e antropocêntricas, mecanismos de compreensão da linguagem natural ou a realidade aumentativa). O enfoque destes componentes é o de permitir que a interação com vários artefactos inteligentes seja intuitiva e natural e a mais humanizada possível. A usabilidade e aceitação por parte dos utilizadores finais são cruciais para criar experiências envolventes e coerentes [19].

Os mecanismos de interação adaptativos, naturais e multimodais merecem uma atenção particular na implementação dos sistemas e serviços AAL [10].

A modelação de perfis de utilizadores providencia metodologias para otimizar a eficácia e usabilidade da interação com os diferentes sistemas, a fim de [19]:

- Adaptar os mecanismos de interação a cada utilizador e ao seu contexto.
- Disponibilizar informação de uma forma adequada a cada utilizador e ao seu contexto.
- Antecipar necessidades e comportamentos dos diferentes utilizadores.
- Adaptar os mecanismos e recursos de interação a ambientes multi-utilizador.

A modelação de perfis de utilizadores é uma área de investigação com décadas de desenvolvimento. Em geral, o conceito modelação de utilizadores está relacionado com a necessidade de os compreender a fim de tornar as suas interações com os diversos sistemas amigáveis e universais. Podem ser considerados diferentes mecanismos de modelação de utilizadores, nomeadamente mecanismos que permitam que os sistemas respondam de uma forma dinâmica a alterações dos comportamentos do utilizadores, nos quais o sistema observa os comportamentos dos utilizadores e adaptativamente modifica o seu comportamento interativo em função de dados recolhidos, ou mecanismos de configuração que permitam aos próprios utilizadores selecionarem diferentes opções de interação [19].

### *Gestão da Sensibilidade ao Contexto*

A sensibilidade ao contexto faz parte da natureza humana. Consciente ou inconscientemente as ações e comportamentos humanos estão dependentes de circunstân-

cias particulares e do contexto envolvente, o qual é dependente da informação perceptual (por exemplo, informação sobre o ambiente físico e social) ou não-perceptual (por exemplo, memórias de experiências passadas ou estados emocionais) de cada um [9]. A ideia de computação sensível ao contexto é um tema fundamental tanto nos paradigmas AAL como AmI.

Em termos tecnológicos, a sensibilidade ao contexto é uma propriedade de um sistema que fornece informação e serviços relevantes para os utilizadores, sendo que esta relevância depende das tarefas que os utilizadores estão a executar. Portanto, o componente gestão da sensibilidade ao contexto deve fornecer as funções que permitam que as pessoas e os sistemas fiquem cientes de qualquer mudança significativa no contexto [19].

Sob o ponto de vista computacional, o contexto é constituído por qualquer informação que pode ser utilizada para caracterizar o estado circunstancial de uma dada entidade. Uma entidade é uma pessoa ou um objeto que é considerado relevante para a interação entre um utilizador e um sistema (incluindo o próprio utilizador e o próprio sistema). Assim, é necessário considerar informação contextual relacionada com as pessoas (por exemplo, localização ou o contexto pessoal e social), os dispositivos físicos (por exemplo, a memória disponível, o poder de computação ou a qualidade das redes de comunicação) e informação que descreva o ambiente físico de uma entidade (por exemplo, dispositivo, sala, edifício ou utilizador) [19].

A informação relativa ao contexto deve ser abstraída (dado que pode depender dos dispositivos utilizados para o adquirir como, por exemplo, sensores), representada, gerida e utilizada em algoritmos e estruturas de dados relevantes. A informação de contexto tem que ser partilhada, pelo que tem que ser compreensível e inequívoca para os

vários componentes distribuídos que constituem os sistemas e serviços AAL [9, 19].

## Infraestrutura Lógica e Física

A infraestrutura lógica e física compreende as redes de comunicação, um conjunto lato de componentes e os espaços físicos.

### *Redes de Comunicação*

As tecnologias associadas às redes de comunicação potenciam a criação e implantação de novos serviços de valor acrescentado. As redes de comunicação devem suportar múltiplas tecnologias de transporte de banda larga, providenciar um serviço de comunicação independente das tecnologias de utilizadas, facilitar a computação de alto desempenho, a fim de permitir a integração dispositivos periféricos com pouco poder computacional, e estarem comercialmente disponíveis. Considerando os requisitos enumerados, as redes *Cloud Computing* são particularmente adequadas. Possuem capacidades de comunicação de banda larga e computação de alto desempenho, providenciam interfaces abertas que suportam uma ampla gama de serviços de comunicação e disponibilizam aplicações e mecanismos baseados no paradigma de SOA.

### *Componentes*

Os sistemas e serviços AAL são compostos por uma rede complexa de componentes e dispositivos cooperando para um objetivo comum. Todos os componentes e dispositivos devem ter capacidades de comunicação para a interação com os restantes (e também capacidades computacionais para implementar os protocolos de comunicação e para o necessário processamento de informação).

Podem ser consideradas três classes genéricas de dispositivos, de acordo com as suas dimensões, fontes de alimentação e grau de portabilidade [22]:

- Micro-dispositivos autónomos.
- Mini-dispositivos portáteis.
- Dispositivos estáticos.

A classe microdispositivos autónomos inclui atuadores de baixa complexidade e pequena dimensão (por exemplo, controladores ligar/desligar para ativar ou desativar sinais) e uma grande variedade de sensores. Os sensores devem recolher e transmitir um conjunto alargado de dados ambientais como, por exemplo, luminosidade, temperatura ou humidade. São necessárias redes com um conjunto numeroso de sensores para a implementação de sistemas de controlo ambiental em lares e escritórios, de identificação de pessoas, de monitorização de sinais vitais, de deteção de situações de alarme ou de controlo de robôs.

Existem inúmeros mini-dispositivos portáteis que podem fazer parte de sistemas e serviços AAL, nomeadamente consolas de entretenimento e informação, telemóveis com capacidade de armazenamento e com câmaras fotográficas e de vídeo, assistentes digitais pessoais (*Personal Digital Assistants* - PDA), *Tablets* com comunicações sem fio ou outros dispositivos portáteis de acesso a áudio e vídeo. Todos estes dispositivos caracterizam-se por serem alimentados por baterias e serem suficientemente pequenos para serem facilmente transportáveis.

Os dispositivos estáticos não têm restrições em termos de tamanho ou de consumo e, conseqüentemente, em termos de capacidades de processamento e armazenamento. Exemplos de dispositivos estáticos são:

- Os dispositivos de visualização associados a sistemas de entretenimento, segurança, acesso à rede *Internet*, ou

ainda ecrãs de informação ou decoração como, por exemplo, painéis de parede inteligentes.

- Eletrodomésticos como frigoríficos, máquinas de lavar roupa ou loiça, fogões, exaustores, ou um conjunto de inúmeros pequenos dispositivos dedicados a tarefas muito específicas e heterogéneas (por exemplo, painéis de pressão, cafeteiras, torradeiras, batedeiras, secadores de cabelo ou pequenos radiadores e aquecedores elétricos).
- Dispositivos de conforto, como sistemas de ar condicionado ou de aquecimento.
- Lâmpadas.
- Componentes domóticos com mecanismos para segurança, comunicação, gestão de energia, conforto ou interação com os utilizadores.

Nos últimos anos, uma outra classe de dispositivos vem sendo incluída nos sistemas AAL: é consensual que os sistemas robóticos ubíquos que adquirem informação e estão associados a ações físicas (por exemplo, movimento e aplicação de forças) podem abrir caminho a produtos inovadores. Com base na análise das capacidades dos vários tipos de robôs, antevêem-se um vasto leque de oportunidades da sua capacidade de interagir com os seres humanos no âmbito dos ambientes AAL [21].

No âmbito de ambientes interiores, as aplicações de sensores podem ser subdivididas em classes como as seguintes [13]:

- Monitorização de variáveis de conforto, nomeadamente medição de temperatura, humidade, pressão atmosférica ou valores de dióxido de carbono.
- Monitorização de variáveis que podem indiciar situações de perigo como, por exemplo, a existência de inundações nas cozinhas ou quartos de banho, fugas de gás ou deflagração de incêndios.

- Monitorização de variáveis associadas à deteção de riscos de assalto ou vandalismo, nomeadamente detetores de anti-intrusão ou sistemas de vídeo-vigilância.
- Saúde e bem-estar que engloba dispositivos e sensores que podem promover a monitorização de doenças crónicas como, por exemplo, dispositivos de medição de pressão arterial ou níveis de glicose.
- Deteção de presença de pessoas, incluindo sensores de voz ou dispositivos de reconhecimento (por exemplo, reconhecimento de face, impressões digitais ou íris dos olhos).
- Sensores diversos. Outros sensores que contribuam com informação pertinente sobre a situação ambiental (por exemplo, sensores de luminosidade nas janelas ou detetores de chuva no telhado).

Os sistemas e serviços AAL exigem a presença de sensores das diferentes classes enumeradas. Por exemplo, as variáveis de conforto são úteis para aplicações que mantenham as condições ambientais de acordo com as preferências dos utilizadores finais. A deteção de condições de risco e de presença de pessoas é importante para reforçar sentimentos de segurança. Sensores associados à saúde e bem-estar são imprescindíveis para o acompanhamento de pessoas doentes ou com deficiência.

É absolutamente crucial que os sensores sejam leves, pequenos e baratos. Devem ser espalhados por todo o ambiente físico e devem, tanto quanto possível, serem invisíveis para os utilizadores finais. Adicionalmente, os sensores têm que operar de forma autónoma, serem fiáveis, não necessitarem de manutenção, e serem capazes de se organizarem em redes funcionais sem necessidade de intervenção humana [13, 19].

Um atuador é um elemento que tem a

possibilidade de interagir com os utilizadores ou outros sistemas, transmitindo informação ou desencadeando ações físicas. Esta definição inclui atuadores muito simples (por exemplo, uma lâmpada ou um atuador capaz de ligar ou desligar um qualquer dispositivo) ou outros mais complexos [13]:

- Atuadores de visualização de sistemas de entretenimento, segurança, acesso à rede *Internet* ou ecrãs de informação ou decoração (por exemplo, televisores, diferentes tipos de telas e painéis de parede, PDA ou *Tablets*).
- Atuadores de conforto (por exemplo, sistemas de ar condicionado ou de aquecimento).
- Atuadores de apoio doméstico (por exemplo, frigoríficos, máquinas de lavar roupa ou loiça, fogões, exaustores, ou pequenos dispositivos dedicados a tarefas muito específicas).

Analisando as funções e desempenho dos robôs atualmente disponíveis, pode-se antever um grande potencial de aplicação das suas capacidades para interagirem com os seres humanos ou para se movimentarem de forma autónoma.

As interações dos robôs com os seres humanos devem ser baseadas numa linguagem verbal, o mais natural possível. Para tal é necessário superar um conjunto de dificuldades, tais como as derivadas do ruído ambiente, das diferentes posições que o robô pode assumir em relação ao interlocutor humano (e, conseqüentemente diferentes distâncias em relação aos microfones) e do desempenho atual dos sistemas de reconhecimento de voz ou dos sistemas de linguagem natural, entre outras.

Por outro lado, existem em aberto várias hipóteses de investigação, nomeadamente mecanismos mais eficientes para permitirem uma navegação com segurança, rodeando

obstáculos diversos, quer estes sejam estáticos ou dinâmicos, e novas formas de comunicação com os humanos. Neste particular, merece destaque a possibilidade de dotar os robôs com capacidades para expressarem emoções de uma forma decalcada da expressão das emoções humanas, o que permitiria aos robôs a emulação de características humanas como a capacidade de tocar o interlocutor, realizar gestos ou exprimir emoções.

### *Espaços Físicos*

O conceito *living lab* tem como principal desafio o de envolver os utilizadores finais no processo de inovação, desde as fases iniciais da contextualização e geração de ideias até às das fases posteriores de especificação e implementação. O laboratório de gerontologia da Secção Autónoma de Ciências da Saúde e da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro foi considerado um elemento central do LUL exatamente para que este possa expor os sistemas e serviços AAL em contextos semi-realistas. Adicionalmente, os promotores do LUL consideram importante a possibilidade de implementar outros pólos envolvendo unidades assistenciais (quer de serviços de saúde, quer de serviços de âmbito social) e empresariais.

Finalmente, é essencial que os investigadores e estudantes sejam envolvidos no LUL, quer porque a investigação é alimentada por projetos inovadores impulsionado por investigadores, quer porque estes podem beneficiar das sinergias do LUL. Assim, para além do já referido laboratório de gerontologia, também foi considerada fundamental a inclusão de laboratórios de investigação, nomeadamente laboratórios do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro e do *Microsoft Language Development Center*, o centro de investigação e desenvolvimento da Microsoft Portugal.

## Conclusão

Além da sistematização de conceitos relevantes no contexto dos sistemas e serviços AAL, o capítulo apresentou o modelo conceptual que foi utilizado para a implementação do LUL.

No modelo conceptual proposto, para além do enfoque em metodologias baseadas no conceito *living lab*, destaca-se uma plataforma de desenvolvimento destinada suportar o projeto, validação e avaliação de sistemas e serviços AAL, integrando um conjunto de funções, nomeadamente comunicação de banda larga e computação de alto desempenho, monitorização de utilizadores e contextos, e mecanismos de interação com os utilizadores inteligentes e multimodais.

A instanciação do modelo conceptual do LUL será apresentada em capítulos subsequentes deste livro.

## REFERÊNCIAS

1. Ramos C. Ambient Intelligence - a State of the Art from Artificial Intelligence Perspective. In: Neves J, Santos M, Machado J, editors. Progress in Artificial Intelligence. Berlin / Heidelberg: Springer; 2007; 285-295.
2. Aarts E, Grotenhuis F. Ambient Intelligence 2.0: Towards Synergetic Prosperity. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments. 2011; 3(1): 3-11.
3. Augusto, J. Ambient Intelligence: Basic Concepts and Applications. Software and Data Technologies. 2008; 10: 16-26.
4. Report Describing Values, Trends, User Needs and Guidelines for Service Characteristics in the AAL Persona Context. PERceptive Spaces prOmoting iNdependent Aging (PERSONA). Bruxelas: European Commission; 2008.
5. Cook D, Das S. How Smart Are our Environments? An Updated Look at the State of the Art. Journal of Pervasive Mobile Computing. 2007; 3(2): 53-73.
6. Camarinha-Matos L., Vieira W. Intelligent Mobile Agents in Elderly Care. Robotics and Autonomous Systems. 1999; 27(1-2): 59-75.

7. Costa R, Carneiro D, Novais P, Lima L, Machado J, Marques A, et al. Ambient Assisted Living. 3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence 2008; Salamanca; 2008.
8. Ramos C, Augusto J, Shapiro D. Ambient Intelligence - the Next Step for Artificial Intelligence. *IEEE Intelligent Systems*. 2008; 23: 15-18.
9. Hoareau C, Satoh I. Modeling and Processing Information for Context-Aware Computing: a Survey. *New Generation Computing*. 2009; 27(3): 177-196.
10. Kleinberger T, Becker M, Ras E, Holzinger A, Müller P. Ambient Intelligence in Assisted Living: Enable Elderly People to Handle Future Interfaces Universal Access. 4th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction. Pequim; 2007.
11. Review of HIC concepts and E&AR. Service Oriented Programmable Smart Environments for Older Europeans (SOPRANO). Bruxelas: European Commission; 2007.
12. Følstad A. Living Labs for Innovation and Development of Information and Communication Technology: A Literature Review. *The Electronic Journal for Virtual Organizations and Networks*. 2008; 10.
13. Pallot M, Trousse B, Senach B, Antipolis S, Richir S, Ruyter B, et al. Newsletter Special Issue Dedicated to Living Labs. *ECOSPACE Newsletter*. 2009; 5.
14. Living Lab Handbook, <http://ve-forum.org/apps>. 2009.
15. Active Ageing: A Policy Framework. A Contribution of the World Health Organization to the Second United Nations World Assembly on Ageing. Genebra: World Health Organization; 2002.
16. WHO Health Promotion Glossary. Genebra: World Health Organization; 1998.
17. Camarinha-Matos L, Afsarmanesh H. Collaborative Ecosystems in Ageing Support, Adaptation and Value Creating Collaborative Networks. 12th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises; São Paulo; 2011.
18. Consolidated Vision of ICT and Ageing. Bridging Research in Ageing and ICT Development (BRAID). Bruxelas: European Commission; 2011.
19. Specification of the Amigo Abstract System Architecture. AMIGO. Bruxelas: European Commission; 2005.
20. Al Bouna B, Chbeir R, Marrara S. A Multimedia Access Control Language for Virtual and Ambient Intelligence Environments. 2007 ACM Workshop on Secure Web Services; Fairfax; 2007.
21. Report on Orientations for Work Programme 2011-2013. IST Advisory Group (ISTAG). Bruxelas: European Commission; 2009.
22. Snijders F. Ambient Intelligence Technology: An Overview. In: Weber W, Rabaey J, Aarts E, editors. *Ambient Intelligence*. Berlim: Springer; 2005; 255-270.

**PARTE 3**

# Implementação



# Arquitetura de Desenvolvimento

Carlos Pereira<sup>1,3</sup>, António Teixeira<sup>1,3</sup>, Nelson Pacheco da Rocha<sup>2,3</sup>, Miguel Oliveira e Silva<sup>1,3</sup>, Flávio Ferreira<sup>3</sup>, André Oliveira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Secção Autónoma de Ciências da Saúde, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

## Introdução

Quem pretende desenvolver sistemas e serviços *Ambient Assisted Living* (AAL) depara-se com um problema comum que é a falta de um ambiente genérico de apoio ao desenvolvimento. Por norma, cada projeto AAL (de maior ou menor dimensão) opta pela criação de uma arquitetura de desenvolvimento pensada exclusivamente nos requisitos do projeto em questão. Apesar desta opção ser compreensível tendo em conta a necessidade de dar suporte a diferentes tecnologias, ela limita a perspetiva futura das arquiteturas desenvolvidas em termos de expansibilidade e criação de cadeias de valor.

Outro problema recorrente centra-se na falta de um ambiente físico para a condução de avaliações, quer funcionais, quer de usa-

bilidade, em cenários realistas. O processo de avaliação é, por norma, independente da criação das lógicas aplicacionais, efetuado numa fase final das implementações, num ambiente controlado, sem grande abrangência e com limitações a nível da representação do domínio do problema. É argumentável que a falta de importância dedicada à avaliação de usabilidade reduz substancialmente o valor das lógicas criadas.

O *Living Usability Lab* (LUL) dá resposta a estas dificuldades através da criação de uma arquitetura de desenvolvimento e de uma infraestrutura de apoio à condução de avaliações em cenários realistas. Este capítulo descreve a arquitetura de desenvolvimento LUL, cujo principal objetivo é o de providenciar as condições necessárias para a criação de aplicações AAL a partir de uma

plataforma de base que facilite a implementação das lógicas de negócio do domínio do problema e a rápida integração de componentes e serviços existentes.

### Modelos Arquiteturais de Referência

Nos últimos anos, a necessidade de comunicação entre ambientes autônomos deu origem a diversas abordagens na estruturação de projetos AAL. A complexidade de uma solução AAL implica uma análise e preparação distintas de um simples projeto de *software*. Independentemente das lógicas envolvidas, fatores como autonomia entre componentes, acessibilidade, tolerância a falhas (em especial na comunicação) ou

futura expansibilidade requerem a conceptualização de estruturas de suporte, comumente designadas como arquiteturas de desenvolvimento.

A Figura 9.1 apresenta a estrutura típica de uma arquitetura de desenvolvimento AAL. Geralmente, existem três camadas de abstração nas quais é possível enquadrar qualquer componente de um sistema AAL: os dispositivos de *hardware*, a plataforma de *software* de suporte e o ambiente aplicacional.

Contrariamente a modelos de *software* generalistas, como o modelo *Model-View-Controller* (MVC) que separa a lógica do processamento da lógica da apresentação de informação ou o modelo de 3-camadas (em que as funções de apresentação, processamento e gestão de informação, estão, sob o



Figura 9.1 - Conceptualização típica em AAL.

ponto de vista lógico, separadas), as arquiteturas de desenvolvimento refletem não só o modo como as aplicações podem ser desenvolvidas, mas também como comunicam, onde são dispostas e quais os componentes de suporte que requerem. A estes elementos torna-se necessário adicionar as restrições e complexidades do paradigma AAL.

As arquiteturas AAL de hoje resultam de um processo evolutivo de arquiteturas usadas num contexto de ambientes inteligentes. Os primeiros modelos arquiteturais eram baseados em normas muito específicas que impediam a sua reutilização. Embora estas soluções apresentassem índices elevados de fiabilidade e funções disponíveis, revelaram, no entanto, níveis de heterogeneidade muito reduzidos, dificultando a sua extensibilidade e compatibilidade com dispositivos externos [1].

Consequentemente, novos desenvolvimentos arquiteturais têm procurado modelos abertos e distribuídos, os quais apresentam diversas vantagens no que diz respeito ao desenvolvimento de novas soluções. Alguns modelos implicam a existência de entidades centrais com as quais diferentes nodos comunicam aumentando, deste modo, a heterogeneidade e escalabilidade das soluções, mas originando crescentes problemas de desempenho nas entidades centrais, à medida que a rede de nodos se torna mais complexa.

Como resposta, alguns modelos evoluíram para uma aproximação Ponto-a-Ponto (*Peer-to-Peer* - P2P), na qual as comunicações são efetuadas via serviços, abrindo perspectivas de crescimento futuro das diferentes soluções.

O problema da comunicação e disponibilidade da informação distribuída tornou-se um fator importante na evolução das arquiteturas. Uma resposta a esta dificuldade surgiu sobre a forma de *Middleware*.

O *Middleware* traduz-se na inclusão de uma camada intermédia que facilite o modo como os diversos componentes e tecnologias comunicam e como a informação é gerida. Na prática, podem resultar em normas ou mesmo componentes de apoio a estes fins.

A generalização da utilização de serviços Web tornou-se um fator importante na evolução dos modelos arquiteturais. O *World Wide Web Consortium* (W3C) [2] define serviços *Web* como sistemas de *software* construídos com o objetivo de suportar a interoperabilidade na interação entre diversos sistemas através de uma rede de comunicação, sendo que grande parte do seu sucesso deve-se, essencialmente, ao facto da sua utilização ser independente da plataforma ou sistema operativo.

Sob um ponto de vista arquitetural, as aplicações baseadas em serviços *Web* são constituídas por três componentes (Figura 9.2): o fornecedor, o cliente e o serviço de registo [3].

Os fornecedores são as entidades que publicam ou anunciam os seus serviços no componente serviço de registos, respeitando os regulamentos ou as boas práticas da indústria. Através do já mencionado serviço de



Figura 9.2 - Modelo arquitetural dos serviços Web [3].

registros, os consumidores (clientes) poderão pesquisar os serviços e utilizá-los, caso pretendam. As ligações entre as diversas entidades são suportadas pelas normas para serviços *Web*, tais como a *Web Services Description Language* (WSDL) [4], o *Universal Description, Discovery and Integration* (UDDI) [5], o *Simple Object Access Protocol* (SOAP) [6], o qual pode ser suportado, entre outros, pelo *HyperText Transfer Protocol* (HTTP).

Com base na tecnologia serviços *Web* e diversas metodologias, inúmeros modelos de desenvolvimento surgiram ao longo dos anos. De seguida destacam-se a Arquitetura Orientada a Serviços (*Services Oriented Architecture* - SOA), a Arquitetura de Dispositivos Orientada a Serviços (*Service Oriented Device Architecture* - SODA), a Arquitetura Ponto-a-Ponto (*Peer-to-Peer* - P2P) e a Arquitetura Orientada a Eventos (*Event-Driven Architecture* - EDA), que constituem os modelos arquiteturais mais importantes na conceção e desenvolvimento de soluções AAL. Estes modelos são a base de inúmeros projetos AAL sendo a sua utilização configurável consoante as lógicas e objetivos das soluções a conceber.

Finalmente, apresenta-se o paradigma *Cloud Computing* que permite a utilização de recursos, de uma forma abstrata para os utilizadores, por protocolos e normas de rede comuns, independentemente das arquiteturas de desenvolvimento utilizadas.

### Arquiteturas Orientadas a Serviços

Devido à heterogeneidade de componentes de *hardware* e *software*, muitas deles provenientes de fornecedores distintos, o maior desafio nas arquiteturas de desenvolvimento centra-se na interoperabilidade. Esta preocupação está patente nas arquiteturas SOA.

O modelo arquitetural SOA baseia-se num paradigma de organização e utiliza-

ção de capacidades distribuídas, através de serviços que podem estar sob o domínio de diferentes entidades. A aproximação SOA tem como princípio chave a troca de valor entre entidades ativas e independentes que, cumprindo as regras anunciadas por políticas e contratos estabelecidos, têm o direito legítimo para a utilização dos serviços disponíveis [7]. Por outras palavras, representa uma forma como as necessidades de uns podem ser satisfeitas com recurso a soluções oferecidas por outros, baseadas no estabelecimento de relações de confiança.

De um ponto de vista tecnológico, uma implementação SOA é única, sobretudo devido à necessidade de combinar tecnologias, produtos, *Application Programming Interfaces* (API) e outras infraestruturas de suporte para a solução a conceber.

Conceptualmente, uma implementação SOA é, tipicamente, composta por quatro camadas [8]:

- Camada de dados, responsável pela gestão e manutenção dos repositórios de dados.
- Camada de serviços, onde se incluem os serviços tecnológicos disponibilizados pela arquitetura, por norma descritos de acordo com WSDL.
- Camada de processamento, onde se incluem os serviços resultantes da composição ou orquestração via *Business Process Execution Language* (BPEL) [9]. Algumas implementações ignoram esta camada, em parte devido à elevada complexidade que lhe está associada.
- Camada de apresentação, responsável por disponibilizar as funções da arquitetura para os utilizadores ou aplicações.

Uma implementação SOA implica que sejam seguidos um conjunto de princípios gerais de boas práticas:

- Granularidade, modularidade, reutilização e composição, o que permite a elaboração de serviços complexos por composição ou orquestração de componentes individuais e autónomos.
- Adesão a normas para garantir a interoperabilidade entre serviços.
- Existência de mecanismos adequados de identificação, categorização, aprovisionamento, entrega e monitorização dos serviços existentes, de forma que estes sejam eficientemente utilizados.

Outros princípios, mais específicos, podem ainda ser enumerados:

- Separação da lógica de negócio com a tecnologia de base.
- Reaproveitamento de lógicas existentes sempre que necessário.
- Expansibilidade da infraestruturas consoante as necessidades.
- Uso eficiente de recursos do sistema.

A popularidade do modelo SOA provém essencialmente da sua elevada configurabilidade e interoperabilidade. Dependendo das lógicas de cada projeto AAL, o modelo SOA sofre variações na sua implementação. Algumas implementações optam pela utilização de camadas de *Middleware* de comunicação (*service buses*) ou de camadas adicionais (por exemplo, para aspetos relacionados com a segurança ou com a gestão de serviços). Esta flexibilidade permite a compatibilidade dos princípios SOA e das suas linhas gerais com as lógicas de negócio das soluções a implementar.

O estilo arquitetural SOA é de extrema importância para soluções AAL, nomeadamente para a definição de estruturas integradoras de componentes ou serviços que poderão ser invocados, iniciados e desativados de forma automática e dinâmica pelas aplicações que deles necessitem [10].

## Arquitetura de Dispositivos Orientada a Serviços

O aparecimento de inúmeros dispositivos, nomeadamente sensores e atuadores, com *interfaces* de comunicação proprietárias e específicas, veio aumentar a dificuldade e o custo na tarefa de gestão distribuída destes dispositivos. Face a isso, o estilo SODA (resultante de uma adaptação do SOA) pretende transferir as características de abstração para os dispositivos físicos, tornando mais transparente as suas *interfaces* e, consequentemente, os mecanismos de os aceder [11].

A implementação de uma SODA implica a existência de três componentes essenciais: adaptador de dispositivos, adaptador de barramento (*bus adapter*) e serviço de registo de dispositivos. O primeiro permite a abstração das *interfaces* de comunicação dos diversos dispositivos, facilitando a comunicação na presença de dispositivos com diferentes *interfaces*. O segundo movimenta os dados fornecidos pelos dispositivos através dos protocolos de comunicação, fazendo o mapeamento do modelo abstrato dos serviços para o mecanismo específico de ligações da arquitetura. Por fim, o serviço de registo de dispositivos disponibiliza um meio de procura e acesso aos serviços SODA.

A aplicabilidade deste modelo em ambientes AAL apresenta vantagens consideráveis, sendo uma alternativa a considerar para a integração de dispositivos como sensores e atuadores.

## Arquiteturas Ponto-a-Ponto

Conhecidos pela sua robustez, desempenho e extensibilidade, os sistemas P2P consistem numa rede complexa de nodos autónomos que poderão comportar-se simultaneamente como clientes e servidores.

As arquiteturas P2P podem ser decompostas em camadas [12]: comunicações, aplicações e infraestruturas. A camada comunicações foca-se na interação entre os sistemas, em particular na formação de comunidades e gestão da dinâmica entre elas. A segunda camada contém as aplicações que usam as infraestruturas disponíveis, permitindo a comunicação e a colaboração entre entidades na ausência de um controlo centralizado. Por último, a terceira camada representa infraestruturas suportadas pelas redes de comunicação existentes e que disponibilizam funções de comunicação, integração e translação entre os componentes tecnológicos.

A utilização deste modelo é vantajosa em ambientes homogêneos, cujos nodos apresentem capacidades idênticas, tais como capacidade de processamento, largura de banda, armazenamento e controlo. Contudo, a heterogeneidade associada a ambientes AAL, em que os nodos vão desde os pequenos sensores até poderosos servidores, poderá implicar que a arquitetura não se aplique ao sistema completo, mas apenas a um subconjunto de componentes da mesma classe. A maior vantagem que advém da sua utilização diz respeito à forma como os nodos comunicam entre si, uma vez que essa comunicação é estabelecida de forma direta, eliminando qualquer centralização [13, 14].

### Arquitetura Orientada a Eventos

Numa EDA, quando surge um acontecimento (ou evento), este é, imediatamente, disseminado para todos os componentes interessados que o avaliam e atuam, caso necessário. As ações que poderão ser despoletadas poderão passar pela invocação de um serviço, de um processo de negócio ou pela publicação de informação [15].

Existem três estilos de processamento de eventos (simples, contínuo e complexo) que são usados em conjunto numa EDA [15]. O estilo simples é, habitualmente, usado quando for necessário um evento despoletar uma determinada ação. O estilo contínuo é comumente utilizado em situações em que o fluxo contínuo de informação é usado para a tomada de decisões e, por fim, o estilo complexo avalia um conjunto ou sucessão de eventos e só depois procede à tomada de decisão, sendo vulgarmente implementado para a deteção e resposta a anomalias, ameaças e oportunidades.

Os componentes de uma EDA são organizados segundo cinco categorias: metadados (regras de especificação de processamento de eventos), processamento de eventos, ferramentas (de desenvolvimento ou administração da infraestrutura), serviços de integração (por exemplo, invocação e publicação de serviços ou canais de transporte de eventos) e, finalmente, recursos e alvos (por exemplo, aplicações, serviços, processos de negócio ou base de dados).

Seguindo este modelo, os sistemas podem ser construídos de forma a facilitar uma resposta atempada aos eventos, o que é adequado a situações em que os ambientes são assíncronos e imprevisíveis [13] como, por exemplo, o caso dos ambientes AAL. Nestes ambientes, constituídos por inúmeros sensores, esta arquitetura pode apoiar as diversas aplicações na tomada de decisões com base num conjunto complexo de sensores, evitando que a informação de um único sensor possa despoletar uma resposta que não a esperada.

### Cloud Computing

Um dos conceitos em maior expansão nos últimos anos, *Cloud Computing*, vulgar-

mente designada por *Cloud*, refere-se à disponibilização de aplicações e serviços através de uma rede distribuída, por intermédio de recursos virtualizados (ou seja, recursos geridos dinamicamente consoante as necessidades dos utilizadores) e acessíveis externamente por protocolos e normas de rede comuns, de forma transparente [16].

Considerando as tecnologias *Cloud* disponíveis podem ser definidos dois conjuntos de modelos distintos: modelos de implementação e modelos de serviços.

Os modelos de implementação dizem respeito à localização e administração da infraestrutura *Cloud*:

- *Cloud* pública: a infraestrutura pertence a uma determinada organização que comercializa serviços para uso público.
- *Cloud* privada: a infraestrutura é da exclusividade de uma única organização que se responsabilizará pela sua gestão ou que a delegará a terceiros.
- *Cloud* comunitária: a infraestrutura é organizada para satisfazer um propósito comum a várias organizações que, em conjunto, se encarregam da administração da mesma ou a delegam a terceiros.
- *Cloud* híbrida: a infraestrutura é uma combinação das anteriores, mantendo as características de cada uma delas mas comportando-se como uma única.

Noutra perspetiva, os modelos de serviços consistem nos tipos de serviços particulares que podem ser acedidos numa plataforma *Cloud*:

- Infraestrutura como Serviço (*Infrastructure as a Service* - IaaS): disponibiliza máquinas virtuais, armazenamento virtual, infraestrutura virtual e recursos de *hardware*. A gestão da infraestrutura é da responsabilidade do fornecedor do serviço, deixando para o cliente a responsabilidade pelos outros aspetos de

implementação como, por exemplo, sistema operativo ou aplicações.

- Plataforma como Serviço (*Platform as a Service* - PaaS): disponibiliza máquinas virtuais, sistemas operativos, aplicações, serviços, estruturas de desenvolvimento e de controlo. O fornecedor do serviço gere a infraestrutura, os sistemas operativos e o *software* disponibilizado, enquanto o cliente compromete-se a instalar e gerir as suas aplicações.
- *Software* como Serviço (*Software as a Service* - SaaS): disponibiliza um ambiente operacional completo, com aplicações, ferramentas de gestão e *interface* para os utilizadores. A aplicação é disponibilizada para o cliente através de uma *interface* (tipicamente um browser) e a sua responsabilidade apenas se remete à inserção e gestão dos seus dados e da interação com os utilizadores. Toda a infraestrutura por detrás da aplicação do cliente é da responsabilidade do fornecedor do serviço.

Simplificadamente, quando se pretende migrar um sistema para a *Cloud* e se seleciona um fornecedor de serviços está-se, de facto, a alugar ou a alocar uma pequena parte de uma enorme estrutura de servidores, computadores, armazenamento ou capacidade de comunicação. Evitam-se, assim, preocupações com a administração de infraestruturas e flexibilizam-se os seus custos pois estes passarão a estar dependentes das necessidades (*pay-as-you-go*). Para além da redução de custos, a *Cloud* prima pela elasticidade, facilidade de utilização, qualidade de serviço, fiabilidade e, também, pela simplicidade de manutenção e crescimento. No entanto, algumas organizações, principalmente as de maior dimensão, com capacidade de investimento em tecnologia e colaboradores qualificados, colocam alguns entraves à utilização da *Cloud* devido,

essencialmente, a preocupações com a segurança e privacidade dos seus dados ou com o desempenho tendo em consideração o tráfego continuamente gerado.

O modelo *Cloud* tem inspirado inúmeras soluções em diversas áreas da ciência da computação. Relativamente a modelos arquiteturais, uma dessas soluções designa-se por *Service Oriented Cloud Computing Architecture* (SOCCA). O modelo SOCCA pretende transferir as funções e capacidades do SOA para a *Cloud*, para que *Clouds* de diferentes fornecedores sejam interoperáveis entre si. A implementação deste modelo incide essencialmente numa estruturação independente dos serviços oferecidos e disponibilizados através de *interfaces* abertas de forma a poderem ser combinadas com serviços de diferentes fornecedores. Assim, o SOCCA tem a vantagem de permitir uma fácil migração de aplicações entre *Clouds* [17].

### Arquiteturas Ambient Assisted Living Relevantes

Nos últimos anos, inúmeros paradigmas arquiteturais foram sugeridos para soluções AAL. Na secção anterior foram enumerados os mais utilizados e defendidos pela comunidade científica. No entanto, embora estas soluções sejam genéricas, estas arquiteturas são, por norma, alteradas e adaptadas consoante a sua evolução de acordo com os objetivos de cada projeto AAL. De modo a providenciar uma visão sobre estas implementações, apresentam-se, de seguida, várias arquiteturas AAL relevantes: *Middleware Platform for the Cognitively Impaired and Elderly* (MPower), *Ambient Intelligence for the Networked Home Environment* (Amigo) e *Hera*. Adicionalmente, referem-se algumas arquiteturas de desenvolvimento AAL reutilizáveis: *Advanced Open Standards for*

*the Information Society* (OASIS), *openAAL*, *PERceptive Spaces prOmoting iNdependent Aging* (Persona), *UNIVERSal open platform and reference Specification for Ambient Assisted Living* (universAAL).

#### MPower

O *Mpower* [18, 19] apresenta-se como uma plataforma de suporte ao desenvolvimento rápido de novos serviços com vista ao apoio a pessoas idosas ou que apresentam algum tipo de deficiência cognitiva [20]. Segundo os seus autores, o modelo subjacente relaciona-se com a possibilidade de melhorar significativamente o nível de qualidade de vida dos seus utilizadores, adaptando tecnologias atuais como, por exemplo, as existentes nas casas inteligentes e as redes de sensores, às necessidades específicas de cada um.

A plataforma *MPower* é baseada no paradigma SOA, utilizando serviços *Web*. Sob uma perspetiva global, os responsáveis pelo projeto elegeram três categorias principais para os serviços AAL: serviços de alarme e notificação (envio de mensagens), serviços de saúde (por exemplo, partilha de planos de medicação) e, por último, serviços de comunicação de voz e vídeo [18].

A comunicação entre diferentes componentes da arquitetura é efetuada com recurso ao HTTP ou ao SOAP. De modo a garantir modularidade na sua implementação, foi adicionado um serviço UDDI [21] como *broker* assim como um serviço de transporte de mensagens inerente à arquitetura (message bus).

No que diz respeito ao *Middleware*, sob um ponto de vista mais detalhado, os serviços disponibilizados foram organizados em cinco categorias [18]: comunicação, informação, gestão de utilizadores, segurança e gestão de sensores.

A plataforma utiliza diversas normas de modo a simplificar e acelerar o processo de desenvolvimento de serviços. Adicionalmente, suporta a integração de redes de sensores, a interoperabilidade entre sistemas específicos, a segurança na gestão da informação e a utilização de dispositivos móveis.

Um exemplo de aplicação do *Mpower* é o projeto *Co-Living* que teve como objetivo o desenvolvimento de uma comunidade virtual para pessoas idosas. Pretende-se a criação de uma rede social envolvente à pessoa idosa e que a apoie nas suas tarefas diárias. Recorre à arquitetura *Mpower* para a definição do seu *Middleware*. Desta forma, o processo de desenvolvimento de serviços é acelerado, porquanto faz-se uso das capacidades de reutilização, flexibilidade e interoperabilidade disponibilizadas pela plataforma.

Tecnicamente, o projeto inclui um componente de modelação de utilizadores e dispõe de técnicas para a construção e adaptação de perfis de utilizadores de forma inteligente, permitindo alterações dos mecanismos de interação consoante o contexto de utilização e as preferências dos utilizadores.

Os serviços que o *Co-Living* suporta compreendem serviços de cuidados de saúde, de mobilidade e orientação. No primeiro caso, estão englobados serviços de atividades físicas ou desenvolvimento de competências cognitivas. No respeitante à mobilidade, os serviços disponibilizados permitem, por exemplo, a deteção atempada das limitações dos utilizadores com base em sensores sem fios. Por fim, os serviços de orientação pretendem apoiar os utilizadores nas tarefas diárias, disponibilizando informação sobre as mesmas, onde se incluem informação sobre medicação, atividades, indicações de lugares, entre outros.

## Amigo

Através da opção por um paradigma orientado a serviços, a arquitetura *Amigo* introduz uma camada de *Middleware*, separando a camada relacionada com as infraestruturas (sistema operativo e pelos módulos de rede) da camada aplicacional. A camada de *Middleware* engloba serviços que poderão ser usados por todas as outras camadas [22]. Os componentes de *software* subdividem-se em: *Middleware* base, serviços inteligentes para utilizadores e plataformas de desenvolvimento [23].

O *Middleware* base do *Amigo* é uma solução flexível, integrando as tecnologias mais importantes em termos de serviços, protocolos de *Middleware*, paradigmas de programação e mecanismos de segurança (autenticação e autorização de dispositivos e utilizadores). O recurso a tecnologias semânticas permite um raciocínio automatizado sob os conceitos representados, resolvendo problemas como a heterogeneidade de serviços e dispositivos, pesquisa e composição de serviços, mudanças de contexto ou distribuição de conteúdos. A arquitetura proposta inclui ainda um componente de contexto que combina múltiplas fontes de informação e efetua previsões baseadas no reconhecimento de padrões, assim como um módulo de perfis de utilizadores capaz de incrementar a eficiência e a usabilidade de serviços e mecanismos de interação.

## Hera

O projeto *Hera* [24] pretendeu disponibilizar serviços de assistência especializados a pessoas idosas nas fases iniciais de *Alzheimer*, com diabetes ou com doenças cardiovasculares. Os serviços disponibilizados foram agrupados segundo três categorias: serviços

de reforço cognitivo, serviços residenciais para pessoas idosas com necessidades específicas e serviços residenciais para as pessoas idosas em geral.

De entre os serviços disponibilizados pela plataforma *Hera* destacam-se os serviços de reforço cognitivo através de jogos específicos, de comunicação assíncrona e partilha de informação entre o utente e o prestador de cuidados, monitorização das condições de saúde, serviços de alarme (por exemplo, atividades ou toma de medicamentos) e serviços de aconselhamento nutricional.

A arquitetura proposta pretendeu, fundamentalmente, contribuir para permitir a adaptabilidade às preferências dos diferentes utilizadores, resolver problemas de heterogeneidade entre diferentes equipamentos (com recurso à implementação de uma arquitetura SOA) e promover interações humano-computador simples e naturais, com recurso a mecanismos de interação multimodais [25].

A arquitetura *Hera* assenta sobre um modelo SOA de quatro camadas (distinção a nível dos serviços intermédios) e é auxiliada por algumas capacidades multi-agente. Este é um estilo promissor para sistemas adaptáveis e distribuídos que se baseia em agentes de *software*, autónomos, que coletivamente são capazes de atingir objetivos não alcançáveis por agentes individuais ou sistemas monolíticos. Tal permite comportamentos adaptáveis e complexos mesmo quando as estratégias individuais dos seus agentes são bastante simples [13].

### Arquiteturas Reutilizáveis

Um conjunto de projetos de referência em AAL tem-se preocupado em desenvolver arquiteturas e componentes que possam ser reutilizáveis, contribuindo, assim, para ultrapassar uma das dificuldades do AAL

que é a falta de existência de cadeias de valor. Neste âmbito podem ser destacados alguns projetos:

- O consórcio OASIS pretendeu propor uma arquitetura de referência aberta, baseada em ontologias e serviços semânticos, permitindo uma interligação fácil e económica de serviços relacionados com os diversos domínios requeridos para um estilo de vida autónomo, independente e com qualidade para as pessoas idosas. Na sua implementação arquitetural destacam-se alguns módulos como o *Common Ontological Framework* ou *OASIS Hyper-Ontology* e, em especial, as ferramentas de suporte para a integração automática de ontologias e serviços emergentes.
- O *openAAL* representa uma plataforma *Middleware* flexível para cenários AAL disponível em *open source*. Assenta numa fácil implementação, configuração e disponibilização de serviços personalizados [26]. Esta plataforma disponibiliza serviços genéricos como a gestão de contextos para a junção e abstração de dados relativos ao contexto envolvente, especificações do sistema baseadas em fluxos de trabalho e pesquisa de serviços de forma semântica.
- Do projeto *Persona* resultou uma plataforma tecnológica escalável para o desenvolvimento de sistemas e serviços AAL [27]. A sua arquitetura, baseada na plataforma Amigo, orientada a serviços e ontologias, visa a integração fácil e modular de componentes ou serviços enfatizando a redução de custos, a fiabilidade, a segurança e a adaptabilidade aos requisitos de cada utilizador e aos contextos de utilização.
- O projeto *universAAL* teve como objetivo o de tornar técnica e economicamente viável a conceção, desenho

e implementação de sistemas e serviços AAL [28]. Desta forma, o projeto centra-se no desenvolvimento de um conjunto de componentes interoperáveis que formem um ambiente para o desenvolvimento de aplicações AAL *open source*. Do lado tecnológico, a plataforma *universAAL* pode ser abstraída por uma divisão em três blocos de serviços: suporte em tempo-real, suporte ao desenvolvimento e suporte à comunidade.

Adicionalmente, é de destacar que alguns destes projetos, como é o caso do *universAAL* e do *openAAL*, providenciam componentes e aplicações em *open source*.

## Arquitetura de Desenvolvimento Living Usability Lab

A arquitetura de desenvolvimento LUL é baseada no paradigma SOA em consequência da necessidade de obter baixa dependência entre os seus diferentes componentes e, assim, providenciar uma rápida integração e instalação através de práticas simplificadas e de fácil execução.

A baixa dependência entre componentes torna-se uma obrigatoriedade no sentido de garantir a autonomia das diferentes funções sem uma diminuição significativa da qualidade do serviço, na perspetiva dos utilizadores finais. Devido à heterogeneidade presente nas tecnologias provenientes de diferentes fornecedores, a arquitetura deve providenciar mecanismos para uma rápida integração de componentes diversos através de um conjunto de serviços de suporte ao desenvolvimento aplicacional.

Um dos requisitos iniciais focava-se na obtenção de condições eficientes para a criação de lógicas de negócio AAL transversais,

de modo a ultrapassar o problema recorrente de que uma parte substancial dos tempos de desenvolvimento é dispendida na recriação de funções comuns. Como tal, a proposta arquitetural apresentada para o LUL possui um enfoque na conceptualização e desenvolvimento de serviços base que reduzam estas limitações e possibilitem a futura adição de cadeias de valor.

Algumas arquiteturas AAL referenciadas anteriormente incluem mecanismos de comunicação inerentes à própria arquitetura. Embora estes mecanismos providenciem maior segurança ou robustez à opção arquitetural tornam-se, inevitavelmente, limitativos na introdução de algumas lógicas de negócio. A arquitetura de desenvolvimento LUL adota um método simplificado relacionado com o modo de disponibilização e comunicação dos diferentes componentes. Segundo a lógica associada ao paradigma arquitetural, todos os módulos presentes são encapsulados como serviços, sendo disponibilizados e acedidos via serviços *Web*.

A arquitetura de desenvolvimento LUL, apresentada na Figura 9.3, é composta por quatro camadas: aplicação, serviços LUL, serviços comuns e infraestrutura.

### Camada Aplicação

No topo da pilha arquitetural surgem as aplicações de suporte aos serviços AAL. Para além das suas lógicas de negócio, as aplicações aqui contidas diferenciam-se dos restantes componentes por possuírem mecanismos de interação com os utilizadores. Para auxiliar esta interação, as aplicações fazem uso de todas as camadas inferiores da arquitetura sendo um exemplo representativo desta utilização as aplicações do serviço *Tele-Reabilitação* [29] descrito noutra capítulo.



Figura 9.3 - Arquitetura de desenvolvimento LUL.

### Camada Serviços *Living Usability Lab*

A camada serviços LUL é composta por serviços construídos especificamente para AAL. Estes serviços pretendem ser um auxílio à concretização de determinadas lógicas de negócio AAL, permitindo a quem implementa recorrer, por exemplo, a modelos de utilizadores e de contextos ou a componentes de multimodalidade.

Alguns dos serviços criados foram concebidos e desenvolvidos segundo uma lógica de generalização e abertura, ou seja, que independentemente do *hardware* utilizado, o serviço continue a ser capaz de adaptar e propagar a informação. Dois exemplos representativos deste princípio são o serviço canal de comunicação vídeo (independente da câmara de vídeo) e o serviço de sensores.

Serviços relacionados com modelos de utilizadores e modelos de contextos são essenciais para as questões de usabilidade. É factual que a capacidade de um sistema se adaptar aos utilizadores consoante as suas preferências ou consoante os contextos de

utilização exponencia a sua usabilidade. A camada de serviços LUL providencia tais capacidades.

A multimodalidade possibilita a utilização simultânea, de uma forma cooperativa e com redundância, de diversos modos de interação (ou modalidades). Neste sentido, e de forma a promover a usabilidade, foi incluída uma versão do componente *AdaptO* [30] como um serviço capaz de providenciar capacidades de interação multimodais numa lógica adaptativa, o módulo multimodalidade. Desta forma, é possível a quem desenvolve aplicações incluir meios de interação como voz, gestos ou toque nas suas aplicações sem alteração profunda das lógicas de interação. O *AdaptO*, através de informação de contexto e preferências de utilização, recorre a várias modalidades para a que os meios de interação se adaptem automaticamente aos utilizadores e aos contextos envolventes. Num exemplo concreto, torna-se possível adequar automaticamente a resolução visual da aplicação face à distância do utilizador ao monitor.

### Serviço de Sensores

Dados de sensores são típicos em qualquer projeto AAL. A sua importância é elevada, especialmente quando incluídos em lógicas de negócio associadas à monitorização de utentes ou controlo de equipamento do domicílio de acordo com um perfil doméstico. Neste sentido, foi desenvolvido um serviço genérico para utilização de sensores. Esta generalização possibilita que dispositivos de diferentes fornecedores possam rapidamente ser integrados e utilizados no ecossistema LUL, sendo apenas necessário introduzir as alterações relativas ao *hardware* do próprio dispositivo.

O serviço de sensores possui a capacidade de receber dados de diversas fontes agrupando-os com a mesma categorização.

Através desta redundância, a fiabilidade e robustez podem ser optimizadas em especial para aplicações com baixa tolerância a falhas. Por outro lado, o serviço permite ainda que o mesmo dispositivo envie informação diversificada em vários canais de comunicação ou que a quantidade de dados seja limitada.

A Figura 9.4 apresenta um exemplo representativo do serviço de sensores e o seu modo de funcionamento por parte de aplicações cliente. No caso concreto, são ilustrados três nodos em permanente comunicação. O processo de utilização do serviço pode ser decomposto em três fases:

- Inicialização do serviço - registo do serviço de sensores com o intuito de publicitação da informação relativa aos sensores em funcionamento.

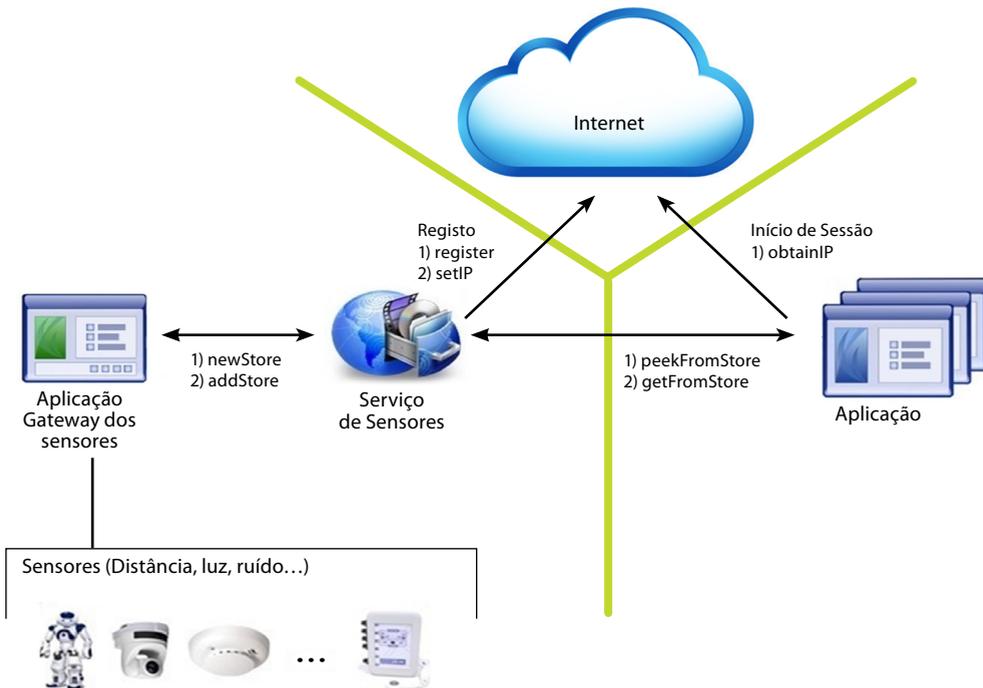


Figura 9.4 - Serviço de Sensores - Comunicação externa.

- Autenticação das aplicações - A cada aplicação que pretenda obter os dados relativos ao sensor ser-lhe-á permitido estabelecer conexões, mediante autorização prévia.
- Transmissão dos dados - a aplicação comunica com o serviço de sensores, sendo-lhe encaminhados os dados pretendidos.

Dada a grande heterogeneidade de sensores pode ser necessária a utilização de adaptadores que obtenham os dados dos mesmos e os providenciem ao serviço de sensores.

### Serviço Canal de Comunicação Vídeo

O serviço canal de comunicação vídeo é essencial em aplicações AAL para efeitos de

monitorização ou localização de utilizadores. Disponibiliza um canal de comunicação vídeo e o controlo de câmaras de vídeo remotas e segue as diretrizes do paradigma DaaS [11], em que todas as funções do dispositivo são disponibilizadas via serviços *Web*.

A Figura 9.5 apresenta uma visão tripartida do serviço canal de comunicação vídeo. O modelo é similar ao serviço de sensores, com uma diferença devido à natureza em tempo real do sinal vídeo. Para evitar atrasos na ligação e nas tramas apresentadas à aplicação, é possível o estabelecimento de uma ligação direta pelas aplicações à câmara (após autorização do serviço), sendo a transmissão de dados efetuada via *Real-Time Transport Protocol* (RTP).

Analogamente a outros dispositivos, após a sua inicialização, é requerido que o serviço se registe. Após esse registo, mediante

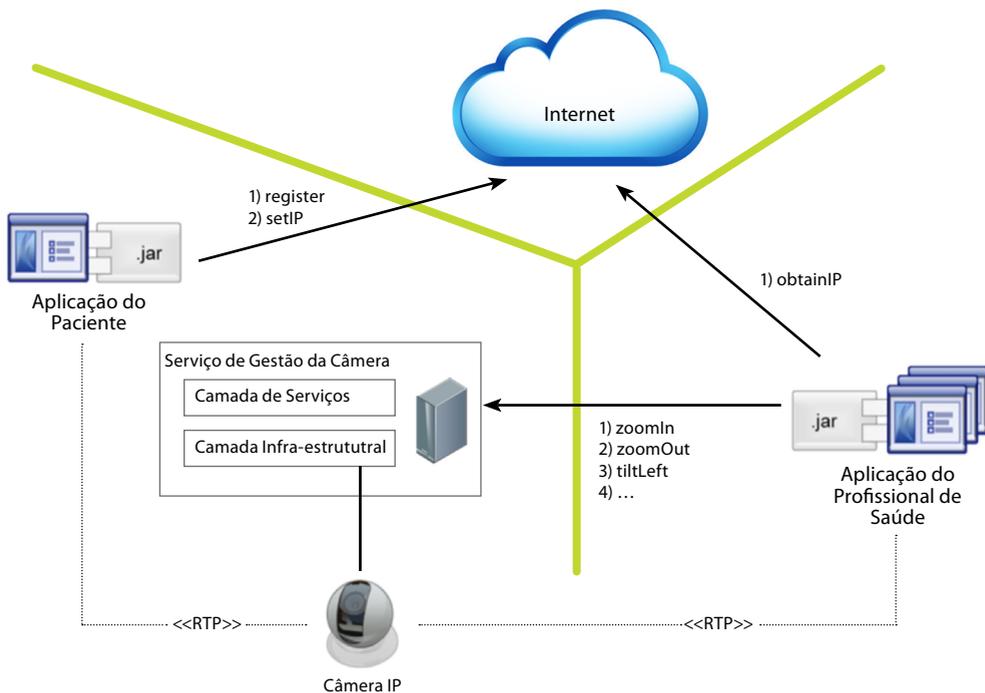


Figura 9.5 - Serviço canal de comunicação vídeo.

autorização prévia, a câmara estará disponível para todos os serviços e aplicações presentes no ecossistema LUL.

O mecanismo inicial de autorização torna-se essencial devido a propriedades de controlo da câmara como ampliação, rotação horizontal e vertical. Estas propriedades obrigam a que apenas um cliente possa controlar a câmara num dado momento. Como tal, o mecanismo é responsável por gerir todos os acessos concorrenciais.

Para além do mecanismo de gestão de acesso à câmara, o serviço desenvolvido possibilita que o *hardware* da câmara seja alterado sem que tal afete a sua utilização por parte de outras aplicações. Esta generalização aumenta a robustez e tolerância da arquitetura, evitando falhas de serviço que podem ser críticas.

### Camada Serviços Comuns

A camada serviços comuns providencia serviços de apoio às comunicações, segurança, monitorização ou gestão de utilizadores. No seu conjunto, a camada agrupa todos os serviços de suporte que não sejam diretamente associáveis a AAL ou a lógicas de negócio aplicacionais. Segundo este procedimento, um largo conjunto de serviços podem ser obtidos através da utilização ou adaptação de componentes já desenvolvidos.

Como já foi referido, um dos principais problemas das arquiteturas AAL relaciona-se com as dificuldades de reutilização de componentes. Geralmente, é requerido a quem implementa que reconstrua parte ou a totalidade de alguns componentes de suporte sobretudo devido à incompatibilidade com a arquitetura planeada. A arquitetura de desenvolvimento LUL baseia-se num paradigma arquitetural mais aberto, em que serviços já existentes podem rapidamente

ser incluídos, sendo apenas requerido que sejam capazes de disponibilizar as suas funções via serviços *Web*.

De modo a facilitar esta integração bem como a procura de serviços, qualquer serviço presente na arquitetura têm obrigatoriamente que se publicitar via serviço de registo. Geralmente, um serviço de registo facilita a obtenção de capacidades de orquestração e composição entre diferentes serviços. No entanto, o serviço de registo LUL vai além deste ponto, permitindo a cada serviço inscrito a possibilidade de subscrição de outros serviços, recebendo assim notificações de alteração do estado dos mesmos. Esta capacidade permite que serviços com dependências de outros possam ser alertados para indisponibilidades ou falhas de um serviço antes que tal se traduza em erros de execução.

Tecnologicamente, o serviço de registo opera de modo similar a um repositório WSDL [4].

Juntamente com o serviço de registo, é preciso ainda realçar dois serviços essenciais da camada serviços comuns: o serviço de gestão de conexões e o serviço monitorização de componentes.

O serviço de gestão de conexões auxilia o estabelecimento de ligações entre diversos nodos LUL. Um dos seus objetivos centra-se em providenciar o encapsulamento dos serviços presentes em cada nodo LUL de modo a salvaguardar a privacidade e confidencialidade da informação existente.

O serviço de monitorização de componentes, via pedidos *keep-alive*, questiona periodicamente todos os componentes presentes no ecossistema LUL e mantém um registo atualizado, funcional e robusto, o que é essencial para a garantia da qualidade de serviço, sob o ponto de vista do utilizador final. Adicionalmente, torna transparente a alocação de endereços, sendo a informação

de subscrição inicial dos serviços utilizada para providenciar os parâmetros necessários à configuração dos canais de comunicação.

O serviço de monitorização de componentes tem uma elevada prioridade dentro da arquitetura de desenvolvimento LUL de modo a evitar congestionamentos na iniciação dos diferentes componentes. É também da sua responsabilidade disponibilizar mecanismos de autenticação.

### Camada Infraestrutura

A camada infraestrutura engloba o conjunto de componentes físicos a incluir nos diferentes cenários de utilização. Dispositivos como sensores, atuadores, adaptadores, *Smart Phones*, *Set-up Boxes*, computadores, entre outros, possuem por norma requisitos similares relacionados sobretudo com questões de comunicação. A sua diversificação tornou essencial a agregação de todos estes componentes. A proposta arquitetural LUL reflete este ponto de vista, ao propor a sua localização numa camada especializada, a camada infraestrutura.

A necessidade de adicionar ou remover dispositivos consoante as aplicações levanta dois problemas infraestruturais: o primeiro relacionado com a heterogeneidade das tecnologias de comunicação dos dispositivos e o segundo relacionado com as possíveis dependências entre dispositivos e componentes de *software*.

Muito embora a dependência com os componentes de *software* seja natural, esta pode causar erros e, conseqüente, diminuição da qualidade de serviço. No entanto, esta dependência pode ser minimizada através da introdução de um mecanismo intermédio entre dispositivos e os componentes de *software*.

Algumas formas de integração baseiam-se na utilização de *Middlewares* comple-

xos e limitativos. No caso da arquitetura de desenvolvimento LUL foi utilizada uma forma minimalista de modo a facilitar o processo de integração. Esta opção impõe que cada dispositivo adicionado à infraestrutura tem obrigatoriamente de ser acessível via um serviço especializado, ou seja, um adaptador. Desta forma, fica à responsabilidade do serviço a verificação da condição do dispositivo de *hardware* assim como a transmissão dos dados. Por outro lado, a sua forma de comunicação (*Wifi*, *Bluetooth*, *Zigbee*, entre outros) do dispositivo torna-se opaca para os restantes serviços.

Cada serviço adaptador é visível às camadas superiores da arquitetura de desenvolvimento LUL de modo a ser acessível por outros componentes e serviços. Desta forma, e com base no paradigma *Device as a Service* (DaaS) [11], os dispositivos tornam-se acessíveis através de uma *interface* bem definida, facilitando a sua adoção e aumentando a robustez global da arquitetura.

### Resultados de Utilização

Foram considerados diversos cenários de utilização para avaliar a arquitetura de desenvolvimento LUL. Um dos cenários considerados foi o desenvolvimento de uma aplicação *TeleReabilitação* obedecendo ao paradigma AAL [29], descrita noutra capítulo.

O primeiro passo no desenvolvimento de aplicações AAL centra-se na determinação dos seus requisitos. A lógica de uma sessão remota de telereabilitação requer dois perfis de utilização, o de um utente e o de um prestador de cuidados formais. Foi também definido que uma sessão de telereabilitação ocorreria em dois locais físicos, o domicílio do utente e o local de trabalho do prestador de cuidados. Segundo a lógica arquitetural,

esta necessidade é diretamente suportada pela existência da camada infraestrutural da arquitetura apresentada.

O segundo passo de integração na arquitetura de desenvolvimento LUL centra-se na determinação dos serviços a utilizar. Uma sessão de *TeleReabilitação* remota requer uma capacidade constante de comunicação. Similarmente, e não só por questões de comunicação entre o utente e o prestador de cuidados, mas também por questões de segurança, é necessário que seja possível o visionamento da sessão por parte do prestador de cuidados, em simultâneo com a transmissão de informação biométrica em tempo real.

De certa forma, alguns destes requisitos são comuns em aplicações AAL. Neste caso, todos estes requisitos são diretamente resolúveis pela utilização da camada serviços LUL. O serviço canal de comunicação vídeo torna possível o visionamento do domicílio remoto pelo prestador de cuidados. O serviço de sensores permite a integração da informação de sensores biométricos e a sua comunicação através da plataforma.

Com a introdução destes serviços torna-se apenas necessário criar as condições associadas à lógica da aplicação em si. Neste caso, esta lógica centra-se na representação dos exercícios e controlo da sessão pelo prestador de cuidados formais em adição aos mecanismos necessários para a interação com os utilizadores. Os serviços a incluir são facilmente integráveis através da sua representação via WSDL. Após prévia autorização, as aplicações são integradas na camada aplicação para permitir a sua disponibilização a todo o ecossistema LUL.

Finalmente, a utilização do serviço de gestão de conexões providencia todos os recursos necessários à comunicação, incluindo um mecanismo de auxílio para tolerância a falhas e erros.

## Conclusão

A reimplantação de lógicas genéricas AAL condiciona os tempos de desenvolvimento e a qualidade das aplicações resultantes.

Neste capítulo foi apresentada a arquitetura de desenvolvimento LUL de suporte à criação de sistemas e serviços AAL. A arquitetura baseia-se num paradigma simplificado SOA, minimizando as restrições tecnológicas e maximizando a adaptabilidade e a eficiência. Os resultados de utilização demonstraram a adequação desta opção, consequência de uma redução dos tempos de implementação e de uma facilidade de integração, nas lógicas de negócio, de componentes como, por exemplo, canais de comunicação ou redes de sensores.

## REFERÊNCIAS

1. Aiello M, Dustdar S. Are Our Homes Ready for Services? A Domotic Infrastructure Based on the Web Service Stack. *Pervasive and Mobile Computing*. 2008; 4(4): 506-525.
2. Web Services Architecture. W3C Working Group Note. W3C; 2004.
3. Huhns N, Singh MP. Service-Oriented Computing: Key Concepts and Principles. *Internet Computing*. 2005; 9(1): 75-81.
4. W3C. Web Services Description Language (WSDL). W3C Note. W3C; 2001.
5. Papazoglou MP, Heuvel WJ. Service Oriented Architectures: Approaches, Technologies and Research Issues. *The VLDB Journal*. 2007; 16(3): 389-415.
6. W3C. Simple Object Access Protocol (SOAP). W3C Recommendation. W3C; 2007.
7. Reference Architecture Foundation for Service Oriented Architecture Version 1.0. OASIS; 2011.
8. Thies G, Vossen G. Web-Oriented Architectures: On the Impact of Web 2.0 on Service-Oriented Architectures. *Asia-Pacific Services Computing Conference*; Yilan; 2008

9. Web Services Business Process Execution Language Version 2.0. OASIS; 2007.
10. Sun H, Florio VD, Gui N, Blondia C. Promises and Challenges of Ambient Assisted Living Systems. 6th International Conference on Information Technology: New Generations; Las Vegas; 2009.
11. Deugd d, Carroll R, Kelly E, Millett B, Ricker J. SODA: Service-Oriented Device Architecture. IEEE Pervasive Computing. 2006; 5(3): 94-96.
12. Subramanian R, Goodman BD. Peer to Peer Computing: The Evolution of a Disruptive Technology. Hershey: Idea Group Publishing; 2005.
13. Becker M. Software Architecture Trends and Promising Technology for Ambient Assisted Living Systems. Dagstuhl Seminar Assisted Living Systems - Models, Architectures and Engineering Approaches; Dagstuhl; 2008.
14. Loeser C, Mueller W, Berger F, Eikerling HJ. Peer-to-Peer Networks for Virtual Home Environments. 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences; Waikoloa Village; 2003.
15. Michelson BM. Event-Driven Architecture Overview. Boston: Patricia Seybold Group; 2006.
16. Sosinsky B. Cloud Computing Bible. Wiley Publishing; 2011.
17. Tsai WT, Sun X, Balasooriya J. Service-Oriented Cloud Computing Architecture. 7th International Conference on Information Technology: New Generations; Las Vegas; 2010.
18. Mikalsen M, Walderhaug S, Stav E. Overall architecture. MPOWER Project Deliverable. Bruxelas: European Commission; 2008.
19. Mikalsen M, Hanke S, Fuxreiter T, Walderhaug S, Wienhofen L. Interoperability Services in the MPOWER Ambient Assisted Living Platform. Medical Informatics Europe Conference; Sarajevo; 2009.
20. Pitsillides A, Themistokleous E, Samaras G, Walderhaug S, Winnem OM. Overview of MPOWER: Middleware Platform for the Cognitively Impaired and Elderly. IST Africa 2007; Maputo; 2007.
21. UDDI Spec Technical Committee Draft. OASIS; 2004.
22. Specification of the Amigo Abstract Middleware Architecture AMIGO. Amigo Project Deliverable. Bruxelas: European Commission; 2005.
23. Janse M, Vink P, Georgantans N. Amigo Architecture: Service Oriented Architecture for Intelligent Future In-Home Networks. In: Mühlhäuser M, Ferscha A, Aitenbichler E, editors. Constructing Ambient Intelligence. Berlin, Heidelberg: Springer; 2008; 371-378.
24. Spanoudakis N, Grabner B, Lymperopoulou O, Moser-Siegmeth V, Pantelopoulos S, Sakka P, Moraitis P. A Novel Architecture and Process for Ambient Assisted Living - the HERA Approach. 10th IEEE International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine; Corfu; 2010.
25. State-of-the-art and Requirements Analysis. Hera Deliverable D2.1. Bruxelas: European Commission; 2010.
26. Wolf P, Schmidt A, Otte JP, Klein M, Rollwage S, König-Ries B, Gabdulkhakova A. openAAL - The Open Source Middleware for Ambient-Assisted Living (AAL). AALLIANCE Conference; Malaga; 2010.
27. Tazari MR, Furfari F, Ramos L, Ferro E. The PERSONA Service Platform for AAL Spaces. In: Nakashima H, Aghajan H, Augusto J, editors. Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments. Nova York: Springer; 2010; 1171-1199.
28. The universAAL Reference Architecture. UNIVERsal Open Platform and Reference Specification for Ambient Assisted Living. Bruxelas: European Commission; 2010.
29. Teixeira A, Pereira C, Oliveira e Silva M, Almeida N, Sousa Pinto J, Teixeira C et al. Health@ Home Scenario: Creating a New Support System for Home Telerehabilitation, AAL workshop, BIOSTEC 2012; Algarve; 2012
30. Teixeira A, Pereira C, Oliveira e Silva M, Pacheco O, Neves A, Casimiro J, AdaptO. Adaptive Multimodal Output. International Conference on Pervasive and Embedded Computing and Communication Systems; Algarve; 2011.

## Infraestrutura Lógica e Física

Flávio Ferreira<sup>1</sup>, Paulo Bartolomeu<sup>5</sup>, Carlos Pereira<sup>1,2</sup>, André Oliveira<sup>1</sup>, António Teixeira<sup>1,2</sup>, Joaquim Sousa Pinto<sup>1,2</sup>, Cláudio Teixeira<sup>1,2</sup>, Nelson Pacheco da Rocha<sup>1,3</sup>, Ricardo Almeida<sup>2</sup>, Vasco Baptista<sup>2</sup>, André Peixoto<sup>2</sup>, Joaquim Arnaldo Martins<sup>1,2</sup>, José Alberto Fonseca<sup>2,4,5</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Secção Autónoma de Ciências da Saúde, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>4</sup>Instituto de Telecomunicações - Pólo de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>5</sup>Micro I/O, Aveiro, Portugal.

### Introdução

Os sistemas *Ambient Assisted Living* (AAL) são constituídos por um conjunto complexo de componentes (subsistemas e dispositivos diversos) cooperando para objetivos comuns. Cada um dos componentes constituintes deve possuir capacidades computacionais e de comunicação para implementar algoritmos de processamento de informação e interagir com os restantes componentes.

De acordo com o modelo conceptual do *Living Usability Lab* (LUL), a infraestrutura lógica e física de comunicação desempenha um papel fundamental para a interligação dos diferentes espaços físicos (nodos) e dos equipamentos que os constituem. As redes de comunicação a utilizar podem ser de âmbito público (a rede geral que possibilita

a comunicação entre os diferentes nodos geograficamente distribuídos) ou privado (a rede local de cada nodo e que providencia a interligação de todos os componentes que constituem esse nodo).

Um componente importante para o funcionamento de toda a infraestrutura tecnológica é o *Home Gateway* que tem por objetivos controlar e gerir os diferentes componentes conectados à rede local de um nodo domiciliário e garantir a sua interligação à rede geral.

### Rede Geral

A rede geral (Figura 10.1) é uma rede pública que deve disponibilizar um serviço de comunicação de banda larga (capaz de suportar

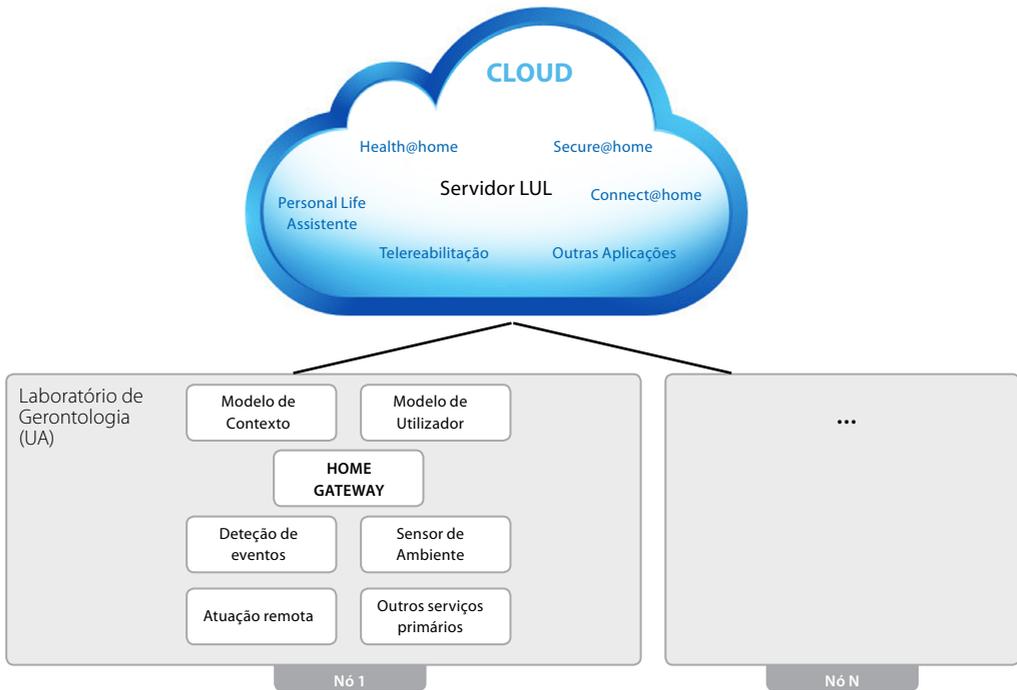


Figura 10.1 - Perspetiva geral da rede de comunicação LUL.

canais de comunicação áudio e vídeo) e ser independente das tecnologias de transporte. O paradigma *Cloud Computing* é particularmente adequado porquanto providencia, via *interfaces* normalizadas, uma ampla gama de serviços e recursos, dinamicamente escaláveis consoante as necessidades.

## Rede Local

A rede local interliga um conjunto de subsistemas e dispositivos que podem ser agrupados nas seguintes categorias:

- Sensores que permitem a obtenção de dados relativos ao contexto situacional, incluindo dados dos próprios utilizadores ou de outras pessoas presentes. Podem ser subdivididos em sensores de

eventos, ou seja dispositivos que identificam certas condições predefinidas (por exemplo, presença de pessoas, deteção de movimentos ou, mesmo, deteção de quedas) e sensores de monitorização para monitorizar, por exemplo, parâmetros do meio ambiente, comportamentos ou sinais vitais.

- Atuadores para desencadear ações sobre diversos elementos físicos como, por exemplo, portas, janelas ou cortinas automatizadas, elementos de iluminação, eletrodomésticos, sistemas de conforto (por exemplo, sistemas de ar condicionado ou de aquecimento) ou outros elementos dedicados a tarefas específicas.
- Robôs com a capacidade de adquirir dados e realizarem ações físicas como,

por exemplo, movimento e aplicação de forças.

- Equipamento terminal, nomeadamente dispositivos de visualização associados a sistemas de entretenimento, segurança, acesso à rede *Internet*, ou ainda ecrãs de informação ou decoração como, por exemplo, painéis de parede inteligentes, telemóveis com capacidade de armazenamento e com câmaras fotográficas e de vídeo, assistentes digitais pessoais (*Personal Digital Assistants* - PDA), *Tablets* com comunicações sem fio ou outros dispositivos portáteis de acesso a recursos multimédia.
- Subsistemas de controlo e comunicação para realizarem o controlo dos dispositivos conectados à rede local (sensores, atuadores, e restante equipamento terminal) e possibilitar a comunicação quer interna, quer externa.

A rede local baseia-se numa arquitetura de duas camadas. A camada inferior é implementada com recurso a tecnologias baseadas em comunicação sem fios (por exemplo, de acordo com a norma IEEE 802.15.4) enquanto que a camada superior tanto pode ser baseada numa tecnologia suportada em redes cabladas. Entre as duas camadas da rede local existem subsistemas de comunicação, *Gateways*, responsáveis pelas adaptações necessárias a nível lógico e físico.

Finalmente, a rede local comunica com a rede geral através de um subsistema de controlo e comunicação específico, o *Home Gateway*, que permite trocas de informação com o exterior através de dois tipos de protocolos de transporte: *User Datagram Protocol* (UDP) para comunicações baseadas em datagramas e *Transmission Control Protocol* (TCP) para comunicações orientadas à conexão.

## Home Gateway

O *Home Gateway* apresenta-se como um elemento de interligação da rede local de um nodo de um ambiente domiciliário à rede geral. O *Home Gateway* deve atuar no sentido de gerir e controlar a rede local, o que assume alguma complexidade devido à grande heterogeneidade das tecnologias utilizadas, aos dispositivos ligados (muitos deles com capacidades de autoconfiguração e de otimização do seu desempenho [1]) e à escalabilidade que é necessário garantir (quer o número de componentes, quer o número e a tipologia de serviços variam dinamicamente consoante a evolução das necessidades). Assim, é preciso considerar um conjunto abrangente de requisitos:

- Interoperabilidade - O *Home Gateway* deve permitir a integração de dispositivos de diferentes fornecedores, suportados em tecnologias heterogéneas e com diferentes protocolos de comunicação.
- *Cloud computing* - É importante que o *Home Gateway* seja capaz de suportar a integração com as redes do tipo *Cloud Computing*, aproveitando todas as vantagens que lhes estão associadas.
- Segurança - Os processos de troca, armazenamento e processamento de dados sensíveis são cruciais para um sistema AAL, pelo que é necessário a integração de mecanismos de segurança apropriados, garantindo aspetos como disponibilidade, integridade e confidencialidade. Assim, o *Home Gateway* deverá incluir funções de um *Firewall* para controlar todo o tráfego que chega à rede local e que circula no seu interior.
- Escalabilidade - É importante garantir que a infraestrutura tecnológica permita a escalabilidade dos seus recursos, tanto a nível de componentes, como a nível de capacidades de armazenamento e processamento.

- Processamento paralelo - Num sistema com um grande número de serviços é crucial a existência de processamento paralelo, embora este deva ser efetuado de forma contida para diminuir os problemas de segurança associados a serviços que requerem uma disponibilidade elevada.
- Modularidade - A arquitetura do *Home Gateway* deve basear-se numa aproximação modular que suporte a extensibilidade, distribuição e reutilização.
- Multiplataforma - O *Home Gateway* deve, se possível, suportar a instalação de serviços desenvolvidos com várias linguagens de programação.
- Comunicação síncrona e assíncrona - O *Home Gateway* deve ser capaz de providenciar comunicação assíncrona, mas também comunicação síncrona, nomeadamente canais de comunicação áudio e vídeo.
- Qualidade de serviços - O *Home Gateway* deve garantir a qualidade de todos os serviços, nomeadamente os canais de comunicação áudio e vídeo.
- Monitorização - O *Home Gateway* deverá ser capaz de monitorizar, de forma autónoma, todos os seus componentes e serviços em termos de desempenho e eficiência e ser capaz de ativar mecanismos de autorrecuperação em caso de falhas, garantindo, assim, a sua fiabilidade.
- Gestão remota - O *Home Gateway* deve permitir a gestão remota de forma a facilitar a resolução de eventuais falhas.
- Diretório e gestão de serviços - Para uma fácil configuração dos diferentes componentes presentes é necessário que sejam automatizados os processos de descoberta dos dispositivos presentes localmente e dos serviços disponíveis, quer localmente, quer remotamente.

- Recolha de dados - O *Home Gateway* deve disponibilizar serviços com a capacidade de obtenção dos dados dos dispositivos que controla e gere.
- Processamento de dados - O *Home Gateway* deve possuir mecanismos para processar os dados recolhidos pelos diferentes dispositivos presentes na rede local e consolidá-los em informação relevante.

Estes requisitos serviram de ponto de partida à definição da arquitetura do *Home Gateway* que será apresentada na próxima secção.

## Arquitetura

A arquitetura de implementação do *Home Gateway* utiliza uma Arquitetura Orientada a Serviços (*Service Oriented Architecture - SOA*). A arquitetura está dividida em cinco camadas principais (Figura 10.2):

- A camada física contém os dispositivos físicos, repositórios de dados e respetivos mecanismos de acesso.
- A camada serviços inclui todos os serviços disponibilizados pelo *Home Gateway*. Alguns dos serviços existentes resultam da composição de outros serviços mais simples. Esta camada é a responsável por todo o modelo de negócio e interage com todas as camadas do *Home Gateway*.
- A camada apresentação contém os mecanismos de apresentação de informação e de interação.
- A camada qualidade de serviços é responsável por garantir a confidencialidade, integridade e disponibilidade dos serviços do *Home Gateway*. É ainda responsável pela análise do desempenho e por escalar os recursos do *Home Gateway*, caso seja necessário.

- A camada gestão de serviços é responsável por atualizar, quando necessário, todos os serviços que estão ativos e disponibilizar novos serviços sempre que tal for conveniente.

A interação entre as camadas apresentação, serviços comuns e física baseia-se numa organização hierárquica em que a camada apresentação utiliza a camada serviços e esta utiliza a camada física. Em contrapartida, as camadas qualidade de serviços e gestão de serviços interagem entre si e com todas as restantes camadas.

Finalmente, é de referir que o *Home Gateway* foi implementado com recurso à estrutura base do *Glassfish*, um servidor de aplicações de domínio público e que corre sobre a plataforma *Open Services Gateway initiative* (OSGi) [2]. Esta, por sua vez, providencia uma arquitetura modular SOA [3]. Adicionalmente, recorreu-se ao sistema operativo *MS Windows Server 2003* para que o *Home Gateway* possa suportar várias plataformas de serviços, se tal for necessário.



Figura 10.2 - Camadas da arquitetura do *Home Gateway*.

### Serviços do *Home Gateway*

A camada serviços é composta por diversos módulos, nomeadamente: instalação automática, gestão remota, gestão de utilizadores, gestão de prioridades, *logger*, descoberta de serviços e, por fim, gestão de alarmes.

O módulo instalação automática tem a responsabilidade de instalar, desinstalar, atualizar e configurar novos serviços de forma automática. Quando se instala um novo dispositivo na rede local o módulo instalação automática efetua um pedido à infraestrutura AAL global para obter os serviços correspondentes a esse dispositivo. Esta informação permite comparar os serviços obtidos com os serviços existentes no *Home Gateway* e, caso algum dos serviços ainda não esteja instalado, o módulo instalação automática encarrega-se de o instalar. O módulo obtém, periodicamente, a lista de todos os serviços para cada um dos dispositivos, o que permite uma atualização permanente.

O módulo instalação automática proporciona várias vantagens:

- Simplifica a instalação de novos dispositivos, dado que esta é realizada automaticamente.
- Considerando que obtém remotamente os serviços necessários, permite a instalação distribuída de qualquer serviço, sendo apenas necessário colocar o serviço que se pretende instalar no repositório dos serviços disponíveis na infraestrutura AAL global.
- Permite a atualização distribuída de serviços, ou seja, sempre que um serviço é atualizado torna-se apenas necessário atualizar o repositório de serviços global. O *Home Gateway* responsabiliza-se pela atualização do serviço nos elementos em que tal for necessário.
- Fomenta a interoperabilidade, porquanto os fornecedores de dispositivos têm a

capacidade de disponibilizarem os serviços utilizados pelos seus dispositivos no repositório de serviços global.

O módulo gestão remota, acessível a partir do exterior, permite que um utilizador autorizado efetue operações de administração de componentes da rede local, tais como desativar serviços, instalar serviços, alterar configurações, adicionar utilizadores, entre outras.

O módulo gestão de utilizadores permite associar diferentes privilégios a diferentes utilizadores, sejam estes utilizadores no âmbito da rede local ou no exterior. Tem como principal objetivo o de aumentar a privacidade dos utilizadores, possibilitando aos mesmos a configuração dos privilégios de acesso. Adicionalmente, possibilita a geração de notificações quando algum utilizador não autorizado tenta aceder a qualquer recurso ou quando um utilizador autorizado tenta aceder a um recurso privado.

A cada serviço deve estar associado uma prioridade que lhe confere o grau de privilégios em termos de utilização de recursos comuns relativamente aos restantes serviços. O módulo gestão de prioridades permite associar a cada serviço a prioridade respetiva.

Todos os acessos são registados no módulo de registos (*logger*) para que mais tarde se possa verificar se ocorreu alguma anomalia no *Home Gateway* e respetiva rede local. Esta informação é guardada persistentemente recorrendo a ficheiros *eXtensible Markup Language* (XML) para não se criar dependências tecnológicas associadas a sistemas de gestão de base de dados. As credenciais de acesso são encriptadas de forma a dificultar o acesso não autorizado à informação.

O módulo descoberta de serviços é responsável por fornecer às diferentes aplicações a informação dos serviços disponíveis.

Assim, facilita a obtenção de um determinado serviço, o que contribui para a flexibilidade global da infraestrutura. A descrição dos serviços, preparada para ser acedida por todos os serviços, é realizada de acordo com a *Universal Description, Discovery and Integration* (UDDI).

Finalmente, o módulo de gestão de alarmes permite consolidar os alarmes gerados pelos dispositivos presentes e das verificações de ações realizadas. A função do módulo é enviar a informação consolidada para a aplicação final responsável por decidir quais as ações a desencadear.

### Exemplo de Utilização

Seguidamente exemplifica-se a utilização dos mecanismos disponibilizados pelo *Home Gateway* para a operacionalização de um serviço de localização.

A localização pode ser realizada com o auxílio de uma ou mais técnicas envolvendo a transmissão e receção de sinais de radiofrequência, nomeadamente *Time of Arrival* (TOA), *Time Difference of Arrival* (TDOA), *Time of Flight* (TOF), *Differential Time Difference of Arrival* (DTDOA), *Angle of Arrival* (AOA) ou *Received Signal Strength Indication* (RSSI). O RSSI é o método mais simples permitindo a localização com granularidade a nível de uma divisão do domicílio. Tal justifica a escolha da norma IEEE 802.15.4, uma vez que ela permite determinar a intensidade do sinal dos pacotes de informação recebidos. Adicionalmente, é de realçar que esta norma define uma infraestrutura de comunicação local integrada, o que permite, por exemplo, que os dados recolhidos a partir de um equipamento de monitorização de sinais vitais podem também ser utilizados para o cálculo da localização da pessoa que está a ser monitorizada.

Um sistema de localização baseado na intensidade do sinal de radiofrequência para medir distâncias é, normalmente, composto por três tipos de componentes: sensores fixos, etiquetas móveis e serviços capazes de consolidar os dados gerados (Figura 10.3). As etiquetas móveis servem para emitir sinais que são captados pelos sensores fixos, normalmente colocados no teto ou nas paredes das diferentes divisões e, posteriormente, processados.

Uma etiqueta móvel transmite pacotes de localização específicos de forma a anunciar a sua presença na rede. A propagação de sinal é limitada pela atenuação do meio ambiente. Todos os pacotes de localização são transmitidos com a mesma intensidade mas, devido à atenuação dos sinais de radiofrequência em função da distância percorrida, serão recebidos com diferentes níveis de energia pelos recetores. Estes medem o nível de energia e comunicam essa informação a serviços que tenham por missão processá-los. Esta operação pode ser esten-

didada a todos os pontos fixos da rede sem fios, os quais poderão atuar como sensores fixos, aumentando a quantidade de dados de localização e, conseqüentemente, a precisão dos resultados.

Os serviços de processamento reúnem todos os dados provenientes dos diferentes fluxos de localização, cujos processamentos, com base em algoritmos de triangulação, permitem estimar as posições das diferentes etiquetas móveis que estão a ser rastreadas.

O número de pacotes de localização transmitidos é um fator importante, porque uma maior periodicidade leva a melhores resultados de localização (maior granularidade temporal). No entanto, altas taxas de transmissão podem sobrecarregar as infraestruturas de comunicação e também reduzir a autonomia das etiquetas móveis.

É da responsabilidade do *Home Gateway* alojar os serviços de processamento dos dados provenientes dos diferentes sensores, o que apresenta diversas vantagens, nomeadamente em termos de custos e versatilidade.

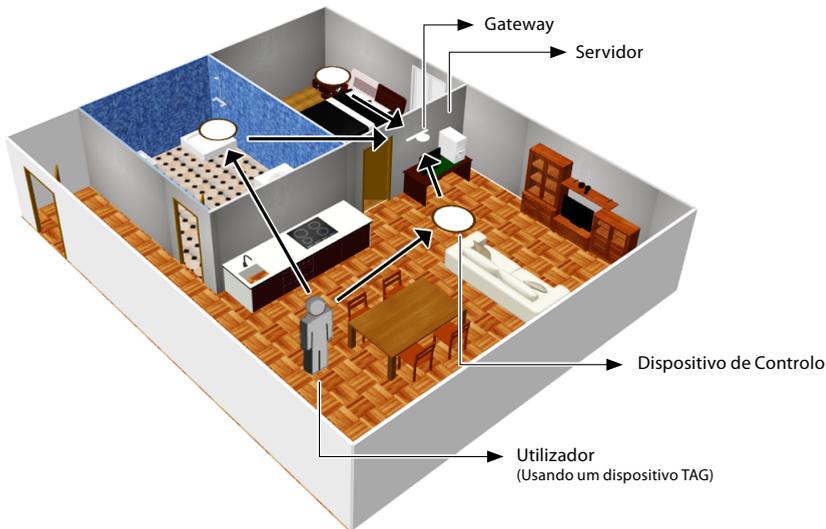


Figura 10.3 - Funcionamento do sistema de localização.

De acordo com o paradigma adotado para a infraestrutura lógica e física do LUL, o serviço de localização pode ser sedeado numa *Cloud Computing*, sendo da responsabilidade do módulo instalação automática, com apoio do módulo descoberta de serviços, instalá-lo e configurá-lo no *Home Gateway* específico. Os módulos gestão remota, gestão de serviços, gestão de utilizadores e gestão de prioridades permitem realizar as adaptações ou ajustes finos necessários. Finalmente, o módulo gestão de alarmes processa os dados recebidos dos diferentes sensores e transmite a informação consolidada para a aplicação responsável pelo serviço de localização.

## Instanciação

A rede geral já implementada estabelece a ligação entre dois nodos situados nas instalações do *Microsoft Language Development Center*, no Porto e em Lisboa, e três nodos situados dentro do campus da Universidade de Aveiro (Figura 10.4).

Os nodos do *Microsoft Language Development Center* simulam salas de estar e possuem equipamento terminal adequado a serviços *Living Home Center* [4]

Dois dos três nodos da Universidade de Aveiro estão situados no edifício do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro. Num deles, o centro de serviços tecnológicos, foram instalados os sistemas que suportam os serviços disponibilizados pelo LUL. Embora estes pudessem estar numa *Cloud Computing*, é preciso considerar que o LUL também está vocacionado para o desenvolvimento de novas aplicações e serviços pelo que uma infraestrutura tipo laboratório tecnológico tem que existir, embora seja obrigatoriamente complementada por serviços instalados numa infraestrutura *Cloud Computing*.

Um segundo nodo é constituído por espaço com equipamento terminal diverso e equipamento de ligação à rede geral. Está vocacionado para apoiar um centro provedor de serviços experimental para, por exemplo, alojar os prestadores de cuidados na experimentação do serviço *TeleReabilitação* descrito noutra capítulo.

Finalmente, o terceiro nodo da Universidade de Aveiro foi planeado para o laboratório de gerontologia partilhado pela Secção Autónoma de Ciências da Saúde e a Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro.

O laboratório de gerontologia consiste num apartamento tipo T1 com cerca de 80 m<sup>2</sup> e que é composto por três divisões: uma sala multifunção (uma combinação de sala de estar, sala de jantar e cozinha), um quarto e um quarto de banho.

O planeamento da infraestrutura física no laboratório de gerontologia colocou alguns desafios, quer devido à diversidade e heterogeneidade dos dispositivos, quer porque se pretendia o desenvolvimento de boas práticas que se pudessem aplicar na implantação de

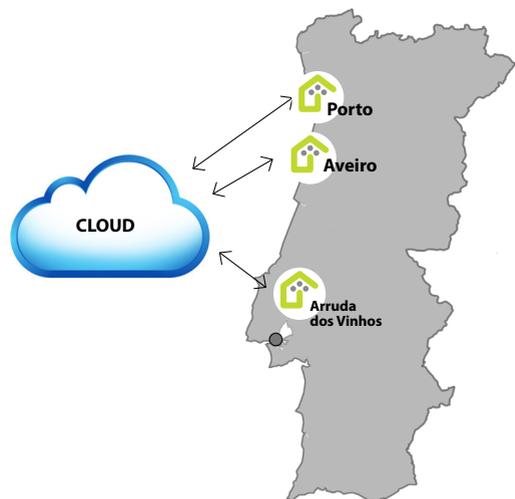


Figura 10.4 - Rede geral do LUL.

infraestruturas físicas noutros locais, nomeadamente em domicílios reais.

Tal como foi referido, o *Home Gateway* é uma peça central para a interligação à rede geral da rede local de qualquer ambiente domiciliário, incluindo o laboratório de gerontologia, porquanto permite o acesso a diferentes tipos de serviços:

- Atuação remota - As aplicação instaladas no *Home Gateway* podem aceder e controlar um conjunto de dispositivos para alterar as condições do ambiente (por exemplo, a luminosidade) ou para ajudar os utilizadores finais em diversas atividades quotidianas (por exemplo, abrir a porta de entrada).
- Monitorização - As capacidades de comunicação dos dispositivos sensores permite ao *Home Gateway* recolher conjuntos de dados muito diferenciados.
- Armazenamento e processamento dos dados coletados pelos sensores, o que permite o envio de informação consolidada para as aplicações finais.

De acordo com as funções pretendidas foram considerados diferentes tipos de dispositivos:

- Sensores magnéticos. Servem para detetar contactos físicos como, por exemplo, se uma porta está aberta ou fechada.
- Sensores de corrente. Servem para detetar se um dispositivo elétrico está a ser utilizado.
- Sensores de pressão (piezoeléctricos ou piezoresistivos). Servem para detetar ações como, por exemplo, se alguém se sentou ou se levantou de um sofá ou de uma cadeira.
- Sensores ultrassom. Servem para detetar a presença de pessoas, em locais específicos, e para verificar se essas pessoas estão em movimento.
- Sensores de luminosidade. O controlo

da luminosidade das diversas divisões do laboratório requer um processo de medição da luminosidade ambiente. Tal pode ser feito através de sensores de luminosidade que são capazes de gerar um sinal proporcional à intensidade luminosa recebida.

- Sensores capacitivos. Servem para ativar interruptores sem contacto físico entre a mão da pessoa e os próprios interruptores. Tal é possível porque o sensor capacitivo gera um valor lógico verdadeiro ou falso consoante ocorre ou não uma variação no valor de capacitância medida.

Adicionalmente, podem ser distribuídos diversos microfones pelos tetos das diferentes divisões do apartamento e instaladas câmaras de vídeo na sala multifunções.

Para ser possível o controlo quer dos eletrodomésticos, quer das portas, janelas, persianas e iluminação, foi necessário recorrer a atuadores:

- Para executar uma ação como abrir ou fechar uma porta, sem esforço humano, deve ser utilizada uma porta motorizada. O controlo do seu motor é assegurado por um circuito de potência que é controlado por um módulo de comunicação sem fios.
- Controlo de luminosidade. O controlo da luminosidade pode ser assegurado por três tipos de controlo diferentes: através de um dispositivo motorizado que controla a abertura ou fecho da persiana da sala multifunção, por forma a ajustar a luminosidade ambiente; através de interruptores ligar/desligar que controlam vários elementos de iluminação; e através dispositivos de controlo suave para ajustar a intensidade da luz artificial de elementos como candeeiros.
- Interruptor liga/desliga da alimentação.

Um módulo baseado em relés pode ser utilizado para ligar/desligar aparelhos elétricos. Tal permite atuar sobre qualquer aparelho elétrico, nomeadamente para implementar procedimentos de segurança como, por exemplo, desligar um fogão elétrico, se houver indícios que ele foi deixado ligado por esquecimento.

- Ligar/desligar a torneira. Esta ação é realizada por um atuador que abre ou fecha uma electroválvula colocada na canalização da água.

Finalmente, o laboratório pode também estar equipado com um conjunto diversificado de dispositivos e sensores de monitorização de sinais vitais e, em termos de dispositivos de atuação, há ainda a considerar o robô descrito num outro capítulo capaz de navegar de uma forma autónoma dentro do apartamento mobilado que constitui o laboratório de gerontologia.

## Conclusão

A arquitetura do *Home Gateway* foi concebida tendo em conta a aproximação SOA, o paradigma utilizado na arquitetura de desenvolvimento LUL, e a necessidade de satisfazer um conjunto pré-definido de requisitos.

Com o *Home Gateway* foi possível a implantação da infraestrutura lógica e física do LUL, uma das camadas do seu modelo conceptual. As capacidades de comunicação de banda larga, nomeadamente em termos de canais de comunicação áudio e vídeo, e a flexibilidade e escalabilidade das soluções implementadas permitem o desenvolvimento de sistemas e serviços exigentes em termos de infraestruturas tecnológicas de suporte.

No entanto, existe interesse em implementar novas funções. Em particular, a inte-

gração e implementação de ontologias, tanto no *Home Gateway* como na arquitetura de desenvolvimento LUL, facilitaria a partilha de informação entre quaisquer componentes (por exemplo, informação relativa aos serviços disponíveis ou dispositivos utilizados) e possibilitaria a criação de conhecimento.

Adicionalmente, num futuro próximo está previsto adicionar novos nodos à rede geral, nodos estes que podem ser do nodo domiciliário (cliente de serviços) ou do tipo provedor de serviços.

## Agradecimentos

Os autores agradecem os contributos dos colaboradores Pedro Mar e Tiago Lindeza ao nível do desenvolvimento dos sensores e atuadores incorporados no sistema *B-Live Wireless* e no *Living Usability Lab for Next Generation Networks*. Adicionalmente, agradecem ao professor Alexandre Mota as suas valiosas sugestões no âmbito do desenvolvimento da eletrónica do projeto e da aplicação móvel *Android*.

## REFERÊNCIAS

1. Vergara J, Villagrà V, Fadón C, González J, Lozano J, Álvarez-Campana M. An Autonomic Approach to Offer Services in OSGi-Based Home Gateways. *Computer Communication*. 2008; 31(13): 3049-3058.
2. Sahoo S. *OSGi Application Development Using GlassFish Server*. Boston: OSGi Alliance; 2011.
3. *Service Platform Core Specification*. Boston: OSGi Alliance; 2011.
4. Pires C, Pinto F, et al. *Living Home Center - A Personal Assistant with Multimodal Interaction for Elderly and Mobility Impaired e-inclusion*. *International Conference on Computational Processing of Portuguese*. Coimbra; 2012.

# Serviços de Suporte à Interação Multimodal

António Teixeira<sup>1,2</sup>, Nuno Almeida<sup>1,2</sup>, Carlos Pereira<sup>1,2</sup>, Miguel Oliveira e Silva<sup>1,2</sup>, José Casimiro Pereira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Escola Superior de Tecnologia de Tomar, Instituto Politécnico de Tomar, Tomar, Portugal.

## Introdução

O desenvolvimento de tecnologias de interação multimodais [1], universais e com capacidades internas de adaptação, modelação dos utilizadores, gestão de conhecimento e gestão da interação é um dos objetivos nucleares do *Living Usability Lab* (LUL). Tais tecnologias permitem criar mecanismos de interação adaptáveis e adaptativos, entrando em conta com as características dos utilizadores, das tarefas que realizam, dos contextos onde se inserem e das infraestruturas tecnológicas que utilizam.

O ser humano é dotado de vários sentidos e diferentes formas de expressão (por exemplo, fala ou gestos) que enriquecem as comunicações interpessoais. Sobre o ponto de vista tecnológico, os mecanismos de interação que tem predominado nas últimas décadas (*interfaces* baseadas no uso de

teclado, rato, janelas e ícones) não tiram partido da enorme riqueza das capacidades de comunicação do ser humano, em termos dos seus sentidos e da versatilidade das suas formas de expressão.

No entanto, com a evolução tecnológica, tem-se assistido a um crescendo de criação e utilização de dispositivos e tecnologias que tentam replicar a capacidade humana de usar diferentes meios e mesmo usar cada meio de várias formas, o que é essencial para a criação de experiências coerentes e envolventes. Atualmente, é possível a um sistema ou serviço obter informação de um utilizador de várias formas, para além do clássico teclado, sendo um exemplo representativo o reconhecimento de fala.

Na transmissão de informação de um sistema ou aplicação para o utilizador também existe um número crescente de formas que exploram os nossos sentidos, em espe-

cial a visão e a audição.

Esta forma de comunicação multimodal entre sistemas e aplicações e humanos é ilustrada na Figura 11.1.

De acordo com [2] a atual migração das *interfaces* baseadas no uso de teclado, rato, janelas e ícones para interações multimodais pode ser muito benéfica quando se pensa em sistemas e serviços para pessoas idosas, porquanto, graças às diferentes alternativas em termos de mecanismos de interação, é possível que os sistemas e serviços se adaptem a diferentes capacidades, preferências ou expectativas dos utilizadores finais. No entanto, a qualidade de uma interação multimodal não depende apenas da disponibilidade de diferentes alternativas de interação, mas também das formas de contextualização da própria interação.

A diversidade de ambientes, sistemas e perfis de utilizadores leva a que uma interação mais natural e eficaz tem que ser contex-

tualizada e adaptada a essa mesma contextualização. Se inicialmente a interação tinha de ser adaptada à aplicação e a contextos específicos de interação (por exemplo, utilizando o rato ou o teclado), atualmente a situação tende a inverter-se, sendo a interação com a aplicação que se adapta a um contexto sempre em mudança [3] e às características dos utilizadores.

Ter em conta o contexto na interação pode ter um enorme impacto na aplicação e na utilização do serviço. Por exemplo, a apresentação textual de avisos importantes num ecrã, em alturas em que o utilizador não está a olhar para o mesmo, pode resultar em falhas críticas. Outros exemplos de alterações de contexto que podem ser de primordial importância para a interação são o nível de ruído e mudanças na luminosidade ambiental. É essencial não apenas ter a possibilidade de detetar essas mudanças, mas também ter uma interação que a elas se

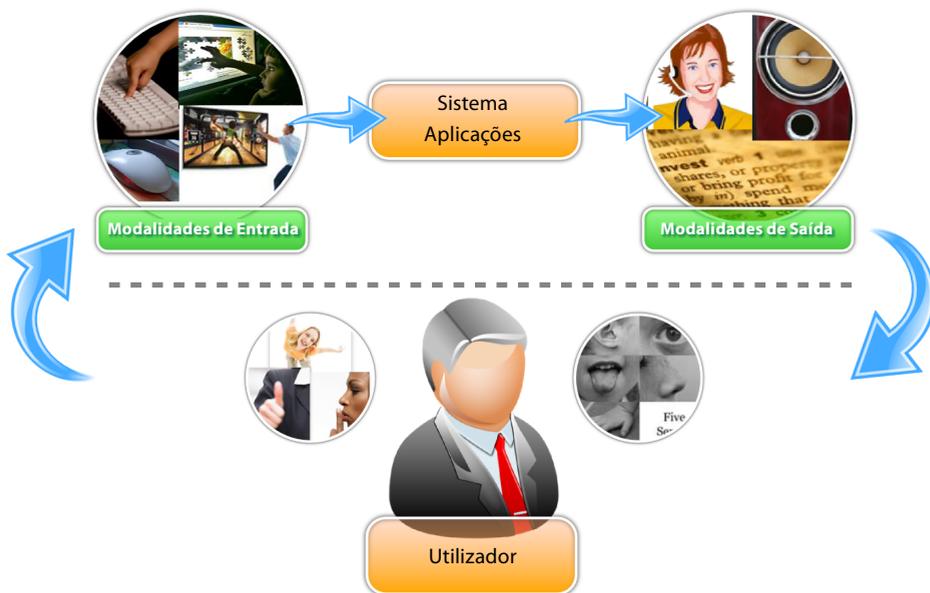


Figura 11.1 - As múltiplas formas de entrada e saída de informação, contemplando a visão do utilizador e do sistema.

adapte (em tempo real) e que faça uso das modalidades de entrada e de saída mais eficazes para os fins da aplicação.

Outros fatores frequentemente negligenciados são as características próprias de cada utilizador em particular. Por exemplo, num cenário em que a capacidade auditiva do utilizador está de alguma forma diminuída faz todo o sentido fornecer a saída da aplicação para outros sentidos como a visão. Dessa forma aumenta-se a probabilidade da mensagem ser recebida e devidamente percebida pelo utilizador. Sem este tipo de redundância de modalidades de saída, a interação entre a aplicação e o utilizador tem grandes possibilidades de falhar.

*Interfaces* multimodais eficazes devem ser capazes de levar em conta as especificidades, preferências e necessidades do utilizador. No caso do grupo de idosos esta capacidade é de particular relevância, já que este tipo de utilizadores tende a ter dificuldades acrescidas de interação.

## Objetivos

No desenvolvimento do *Ambient Assisted Living* (AAL) a diversificação das modalidades de interação tem sido um dos aspectos mais relevantes. No entanto, apesar da diversificação de modalidades de interação, as aproximações utilizadas são baseadas numa visão pouco flexível e monolítica, que se traduz em dificuldades significativas em termos, por exemplo, de escalabilidade ou facilidade de integração de componentes. Tais problemas assumem uma outra proporção se tivermos em conta a inexistência de ferramentas de apoio ao desenvolvimento multimodal ou de metodologias para rápida integração de componentes de interação. Adicionalmente, é preciso ter em conta que as formas de interação existentes são facil-

mente generalizáveis para qualquer idioma, mas o mesmo não acontece para a interação multimodal, nomeadamente quando se utiliza as modalidades relacionadas com a fala ou voz. Neste particular, é relevante a existência de ferramentas adequadas para o português europeu.

O modelo de interação no âmbito dos sistemas e serviços AAL implica, por si só, a necessidade de adaptação a eventos assíncronos. Em determinadas situações é impossível prever o momento em que o utilizador irá interagir com um determinado sistema ou serviço, o que poderá dar origem a falhas na transmissão da mensagem ou a erros de processamento. Tais falhas ou erros poderão ser críticas para todo o propósito do modelo concebido.

Num ambiente AAL, a riqueza das interações está dependente de interações explícitas e implícitas (por exemplo, é necessário antecipar necessidades e expectativas dos utilizadores finais). Consequentemente, os modelos de interação para sistemas e serviços AAL têm que ir além do modelo ‘pergunta-resposta’ mais comum. No modelo comum, é possível estabelecer um fluxo de execução, iniciado desde o arranque da aplicação e finalizado na sua conclusão. Em contrapartida, os sistemas e serviços AAL não podem estar limitados a este tipo de fluxos e têm que ser capazes de acomodar eventos aleatórios, por vezes com origens externas.

Considerando a abrangência requerida para os mecanismos de interação associados aos sistemas e serviços AAL, o desenvolvimento do serviço de suporte à interação multimodal teve como principais requisitos os seguintes:

- Capacidade de interação explícita e implícita.
- Adaptabilidade a características, preferências ou necessidades dos utilizadores e a alterações de contexto como,

por exemplo, alteração das condições de luminosidade, ruído, ou distância do utilizador ao equipamento terminal.

- Capacidade de utilização de modalidades suportando fala.
- Modalidades de saída inteligentes capazes de se ativarem ou desativarem consoante as condições de contexto e do utilizador. Por exemplo, não há razão alguma para manter ativa uma modalidade de saída de síntese de fala se o utilizador é surdo.
- Redundância nas modalidades como forma de maximizar a probabilidade das mensagens serem efetivamente recebidas pelos utilizadores.
- Recurso a modelos de utilizadores e modelos de contextos que possam ser enriquecidos ao longo do tempo.
- Escalabilidade dos componentes e da complexidade da interação.
- Mecanismos de integração, suportados em ferramentas e metodologias de apoio ao desenvolvimento, que simplifiquem a inclusão de diferentes formas de interação.
- Utilização de normas existentes.

Adicionalmente, tendo em conta que a importância dada às modalidades baseadas na utilização de fala, foi considerado como requisito essencial o desenvolvimento de ferramentas adequadas ao português europeu. Para tal houve a necessidade de desenvolver novos modelos para reconhecimento de fala adequados a pessoas idosas, tema do próximo capítulo deste livro.

## Arquitetura

O carácter dinâmico do modelo de interação AAL implica preocupações diferentes do modelo ‘pergunta-resposta’ mais comum.

Em AAL as interações são muitas vezes caracterizadas por eventos aleatórios e o contexto ganha especial relevo, sendo determinante a sua análise previamente à comunicação com o utilizador.

De modo a dar resposta às características da interação em AAL foi concebida uma arquitetura de suporte à interação multimodal dando particular atenção a fatores como reutilização, autonomia e descentralização.

As principais características da arquitetura, representada na Figura 11.2, é a sua aproximação baseada em serviços *Service Oriented Architecture* (SOA). A autonomia e descentralização dos diversos componentes permitem uma mais fácil adaptabilidade a ambientes em constante alteração (contextos dinâmicos) assim como a características, preferências e limitações dos utilizadores. Do mesmo modo, a utilização de uma arquitetura distribuída como a SOA permite a rápida integração e testes a novos componentes.

Como referido anteriormente, a arquitetura caracteriza-se por um paradigma distribuído assente em módulos ou serviços. O recurso a serviços fornece-nos uma solução versátil para responder à necessidade de uma arquitetura descentralizada, escalável, adaptável e inteligente.

De modo a descrever os diversos componentes da arquitetura, estes podem ser separados de acordo com as suas funcionalidades. Assim, a arquitetura envolve os seguintes blocos lógicos:

- Módulos de entrada, incluindo módulos relativos às várias modalidades (reconhecedores), que interpretam a informação dos dispositivos de entrada e geram representações com a descrição para os módulos de fusão e/ou responsáveis pela gestão da interação; modalidades passivas, ou monitores, que recolhem informação com vista ao enri-

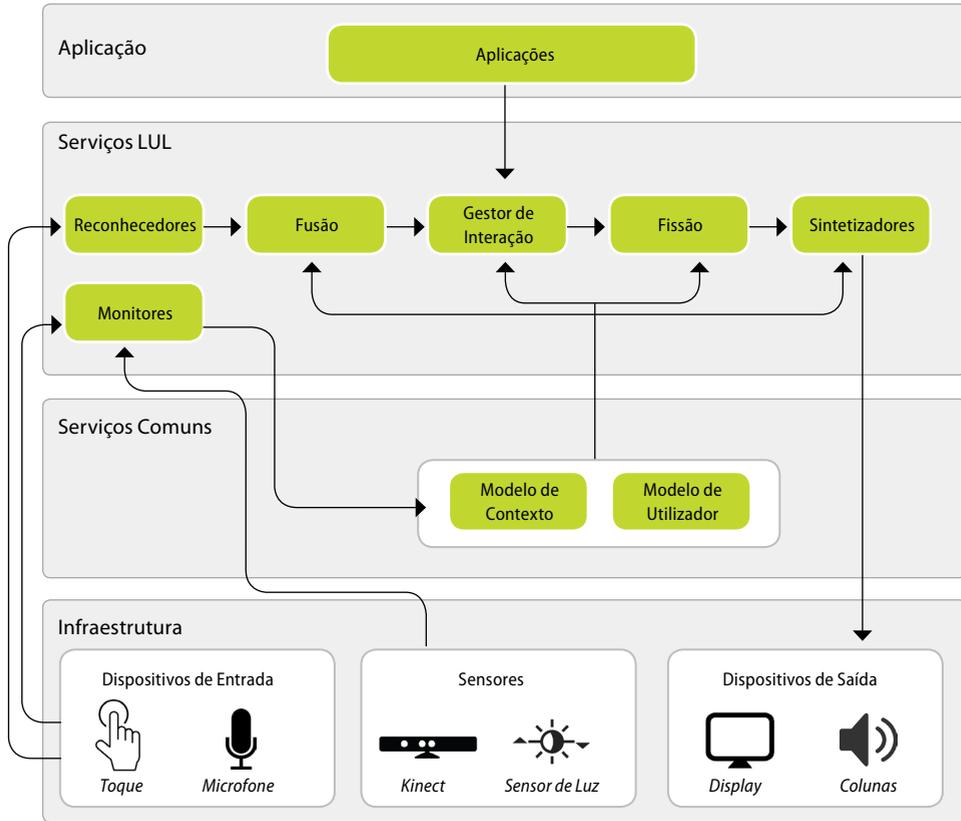


Figura 11.2 - Arquitetura dos serviços de suporte à utilização de Interação Multimodal.

quecimento dos modelos de utilizador e contexto; capacidades de junção e eventual reinterpretação (fusão) da informação proveniente das várias modalidades, permitindo, entre outras funcionalidades, implementação de entradas redundantes, assim como a implementação de novas entradas que resultem de uma composição sinérgica (sequencial, paralela ou outra) de entradas mais simples (por exemplo, permite que uma entrada de um comando por fala se possa aliar a um posicionamento ou um gesto por toque para despoletar uma determinada ação de escolha). Em geral a informação

criada por estes módulos não é disponibilizada de forma contínua, mas sim como eventos.

- Módulos de saída responsáveis pela transmissão da informação ao utilizador. Podem ser divididos em dois grandes grupos: Sintetizadores, que recebem uma descrição de alto nível da mensagem, criam uma representação adequada ao meio que utilizarão para transmitir ao utilizador e convertem para esse meio; módulo de fissão tendo como principal objetivo a determinação de como transmitir a mensagem ao utilizador. Entre outras tarefas, com base

nas diferentes modalidades disponíveis, cabe ao módulo de fissão a escolha de qual ou quais as modalidades adequadas para a transmissão da informação.

- Gestor de interação que coordena todo o processo de interação. Tem como função a análise da informação enviada pelo módulo de fusão e modalidades de entrada e decide que ações executar e que informação será transmitida ao utilizador.
- Módulos de suporte, como os modelos de utilizador e de contexto. O modelo de utilizador tem como função armazenar informação relativa ao utilizador necessária para módulos como o controlo de interação ou a fissão. A informação possui alguma diversidade, podendo ser relativa a preferências de utilização ou até mesmo incluir características do utilizador (peso, altura, deficiências auditivas ou visuais entre outros). A sua inclusão permite dotar a plataforma de uma maior adaptabilidade, aumentando a sua usabilidade em geral. O modelo de contexto tem como objetivo a gestão de informação relativa ao ambiente e contexto de utilização (por exemplo, luminosidade, o ruído ou a distância do utilizador), para consumo pelos vários módulos.

Em termos práticos estes serviços podem ser implementados usando diferentes tecnologias. Numa fase inicial foram adotados agentes desenvolvidos com base na plataforma *Java Agent DEvelopment Framework* (JADE), uma ferramenta que permite a implementação de sistemas baseados em vários agentes, fornecendo mecanismos versáteis de comunicação entre eles, e, mais recentemente, serviços *Web* sobre o *Hyper-text Transfer Protocol* (HTTP).

## Suporte à Comunicação de Informação das Modalidades

As instanciações da arquitetura apresentada incluem variados componentes de processamento para diferentes tipos de entradas e saídas, tais como fala, reconhecimento de gestos, gestão de diálogo e potencialmente muitos outros. A esta heterogeneidade acresce o cariz eminentemente dinâmico de muitos destes componentes, o que faz com que a comunicação entre todas essas entidades seja um problema difícil de gerir. A não adoção de uma linguagem normalizada de comunicação agrava este problema tornando quase impossível ligar novos componentes de diferentes fornecedores tornando a implementação muito mais difícil e atrasando o aparecimento de novos sistemas multimodais [4]. A norma *Extensible MultiModal Annotation markup language* (EMMA) [5] do *World Wide Web Consortium* (W3C) visa colmatar estas falhas fornecendo uma linguagem de representação baseada na *eXtensible Markup Language* (XML) para encapsular dados para a entrada e saída de um sistema multimodal. O seu objetivo passa unicamente pela representação e transferência de informação entre entidades de um sistema multimodal [6].

A linguagem EMMA, adotada como parte integrante da nossa arquitetura, tal como da arquitetura multimodal do W3C, fornece serviços para capturar e anotar os vários estádios de processamento da entrada de utilizadores [4]. Cada representação EMMA é criada automaticamente por componentes do sistema como o sistema de fusão, ou por diferentes componentes de entrada.

A Figura 11.3 apresenta, a título meramente exemplificativo, um documento EMMA simplificado), produzido por um dos módulos desenvolvido no âmbito da primeira implementação da arquitetura.

```

<emma:emma emma:version="1.0">
  <emma:interpretation
    emma:id="speech1"
    emma:medium="acoustic"
    emma:mode="voice"
    emma:function="dialog"
    emma:verbal="true"
    emma:start="1297166358997"
    emma:end="1297166361707"
    emma:confidence="0,7"
    emma:lang="pt-PT"
    emma:process="Microsoft.Speech.
      AudioFormat.SpeechAudioFormatInfo"
    emma:media-type="Pcm">
    <emma:literal>início</emma:literal>
  </emma:interpretation>
</emma:emma>

```

Figura 11.3 Exemplo de um documento EMMA simplificado, produzido por um dos módulos desenvolvido no âmbito da primeira implementação da arquitetura.

## Principais Serviços Desenvolvidos

A concretização e utilização da arquitetura descrita tem-se vindo a desenvolver em várias frentes, em especial através de:

- Módulos para modalidades de entrada e saída integrando uma forma uniformizada de comunicação com o gestor de interação.
- Um módulo para tratamento da saída de informação. O módulo recebe a informação a transmitir, ficando encarregue de escolher a melhor forma de a transmitir tendo em conta o interlocutor e os dispositivos de saída disponíveis.
- Um módulo integrador de informação de entrada. O módulo baseia-se na combinação de diversas formas de entrada como, por exemplo, fala e toque para produção de eventos.
- Gestor de interação.

Estes desenvolvimentos são apresentados nas secções seguintes com mais detalhe.

## Reconhedores

Foram desenvolvidos vários reconhedores para suporte a várias modalidades, destacando-se várias versões do reconhedor baseado em reconhecimento de fala, reconhedores relativos a tecnologias de toque e multi-toque, reconhedores de gestos do corpo baseados no *Kinect* e ao clássico teclado.

Os reconhedores de comandos de fala para o português europeu foram implementados com recurso à plataforma *Microsoft Speech Platform*. O reconhedor opera com base em palavras e frases definidas numa gramática. De cada vez que uma palavra é reconhecida o módulo gera um documento em formato EMMA com a informação referente à mesma, incluindo instantes inicial e final, e nível de confiança no reconhecimento.

O reconhedor para entrada multi-toque faz uso direto do suporte integrado no sistema operativo (*Windows 7 e 8*). O

módulo permite o reconhecimento de zonas de toque no ecrã e diferentes tipos de gestos, os quais formata e envia em formato EMMA.

## Monitores

Um monitor tem como responsabilidade registar em tempo real todas as condições relevantes do meio envolvente tais como o nível de ruído, a luminosidade ou a distância do utilizador ao ecrã, entre outras. Em geral, estão ligados, direta ou indiretamente, a sensores ou atuadores, ou até mesmo microfones e câmaras.

Foram desenvolvidos e integrados monitores para deteção de nível de ruído ambiente, medição de luminosidade e fornecendo uma estimativa da distância do utilizador ao ecrã. O nível de ruído de fundo é obtido através de uma funcionalidade do próprio reconhecedor de fala. A medição das condições de luminosidade explora diferentes possibilidades, desde a utilização de medidas estatísticas do histograma de intensidades calculado a partir de imagens capturadas localmente por uma câmara até a informação fornecida pelo *Kinect*. Por fim, a distância entre o utilizador e o ecrã é obtida utilizando algoritmos de processamento de imagem. Com recurso a propriedades do sistema de visão (por exemplo, posição, câmara ou propriedades das lentes) é possível estimar a posição da pessoa relativamente à câmara.

## Fusão

A fusão de vários eventos pode ser efetuada de diferentes formas. No entanto um processo de fusão multimodal está intrinsecamente relacionado com as propriedades Complementaridade, Atribuição, Redun-

dância e Equivalência (CARE). Estas determinam quais as condições para ser criado um novo evento com base em eventos recebidos de modalidades que se pretende combinar e qual o resultado da fusão. Particularmente relevantes para contextos AAL são:

- Complementaridade. Um novo evento é criado através da combinação dos eventos de diferentes modalidades. Para tal, é necessário que todos os eventos sejam recebidos e obedeçam a uma sequência temporal definida.
- Redundância. Diferentes eventos com o mesmo significado em termos de interação criam um mesmo evento resultado para aumento de redundância.

No nosso sistema a fusão constitui um módulo similar em muitos aspetos a um reconhecedor.

Como referido, a fusão permite combinar informação, que pode chegar sequencial ou simultaneamente, com origens diversas, reinterpretando e gerando nova informação a ser processada pelo sistema. A literatura atual contempla essencialmente dois tipos de fusão: baixo nível (*early* ou *low level fusion*) e alto-nível (*late* ou *high level fusion*). A primeira opera diretamente com os sinais de entrada, enquanto a última opera ao nível semântico. É ainda possível identificar um terceiro tipo - híbrido - que resulta da combinação entre os dois anteriores [7]. Os desenvolvimentos efetuados contemplam particularmente o segundo tipo. A título de exemplo, quando o módulo de fusão recebe dois eventos A e B de modalidades diferentes, o objetivo passa pela produção de uma nova ação  $C=A+B$  capaz de unir com base numa das propriedades CARE os dois eventos [8, 9].

A implementação do primeiro módulo de fusão desenvolvido baseia-se em redes *Petri* (uma ferramenta matemática gráfica que pode ser utilizada para representar e

simular sistemas concorrentes, distribuídos, assíncronos, paralelos ou estocásticos sob a forma de um grafo dirigido [8]) e inicia-se lendo de um ficheiro de configuração informação sobre os reconhecedores, os eventos e as ações assim como a combinação de eventos que podem despoletar a fusão. Assente nesta informação é criada uma rede *Petri* para cada combinação.

### Modelos de Contexto e Utilizador

O modelo de contexto funciona como um mediador entre os serviços de entrada que percecionam o meio envolvente e os serviços ligados à saída da aplicação. A título de exemplo, imagine-se o cenário em que a distância do utilizador ao ecrã sofre uma alteração. Em tal caso, um aviso é enviado ao modelo de contexto que por sua vez alerta outros serviços para esta alteração. Em consequência, esses serviços poderão adaptar o seu funcionamento de acordo com a alteração da distância. Um serviço que utilize texto pode alterar o tamanho da fonte para providenciar maior usabilidade ao utilizador.

O modelo de utilizador está encarregue de registar e informar sobre características e preferências específicas de cada utilizador em particular. Atualmente, exemplos de características específicas de utilizadores incluem a sua acuidade visual e auditiva, assim como as suas possibilidades de mobilidade. Como exemplos de preferências, existem as opções de privilegiar a receção de informação por um determinado meio (por exemplo, visual), ou a escolha de um determinado leque de cores para texto. O seu objetivo passa por providenciar informação para uma melhor adaptação do sistema multimodal a cada um dos seus utilizadores.

O modelo de utilizador difere do modelo de contexto dado ser possível a sua

utilização como um serviço global. Para tal, este modelo foi implementado por forma a permitir que diferentes sistemas o utilizem simultaneamente. É nossa intenção no futuro poder inferir características e preferências de utilizadores com recurso a informação estatística retirada do funcionamento dos diferentes sistemas. Para esse fim, torna-se pertinente a implementação de um serviço de registo histórico das interações com os sistemas multimodais (este serviço permitirá também a determinação de métricas de qualidade de utilização do sistema, permitindo uma sua avaliação objetiva e a sistematização de procedimentos de melhoria contínua).

### Fissão

Para que a fissão se possa processar, é necessário conhecimento sobre todas as modalidades de saída existentes, as suas características e informação da sua disponibilidade atual. A arquitetura faz uso dessa informação, conjuntamente com informação de contexto - tal como a distância do utilizador ao ecrã - e informação sobre o próprio utilizador - como sejam eventuais dificuldades auditivas ou outras - para decidir que modalidades de saída devem ser utilizadas no momento da interação e para o utilizador em particular.

Um aspeto muito importante deste serviço multimodal diz respeito à sua quase total autonomia local, com o mínimo de comunicação para o exterior, o que aumenta a sua capacidade de resposta. O serviço utiliza informação local (dos sensores) no seu processamento, com a exceção dos aspetos ligados às características dos utilizadores, por norma centralizados.

Quando se consideram as várias hipóteses para incorporar diferentes dispositivos de saída num sistema multimodal somos

confrontados com duas alternativas. A primeira consiste em tornar esses dispositivos entidades passivas sem autonomia, responsáveis apenas por replicar a informação de saída recebida do sistema já devidamente adaptada e formatada, quer às condições de contexto, quer ao utilizador. Esta alternativa tem, claramente, vários problemas. Um deles traduz-se na necessidade de termos um sistema de coordenação de fissão bastante complexo e conhecedor de todos os dispositivos de saída existentes. Este sistema, muito centralizado, teria de ser capaz de coordenar toda a informação de contexto e do utilizador tendo em conta todos os dispositivos de saída existentes e ativos por forma a gerar saídas adequadas a cada situação. Teria obviamente problemas sérios de escalabilidade a novos dispositivos de saída e a novos dispositivos de entrada e sensores de contexto.

Para evitar estes problemas existe uma alternativa sob a forma de dispositivos modulares, autónomos e capazes de retirar do sistema de fissão todas as decisões que tenham especificamente a ver com a saída que implementam. Estes serviços de saída teriam a inteligência suficiente para se adaptarem, por si, a mudanças de contexto ou de utilizadores, sem necessidade de sobrecarregar o sistema de fissão com essas responsabilidades.

Para remover dos modelos de contexto e de utilizador o conhecimento de todos os serviços de entrada e saída, os serviços (contexto e utilizador) são implementados com repositórios reativos simples nos quais os serviços se registam para modificar ou serem notificados quando os parâmetros que lhes interessam sofrem alterações. Por exemplo, uma modalidade de saída por fala pode registar-se perante o modelo de utilizador para obter o conhecimento se o utilizador tem dificuldades auditivas ou de compreen-

são oral. Pode também registar-se no serviço de contexto para ser notificado sempre que a distância do utilizador ao sistema de som se alterou. Com este conhecimento, este serviço de saída, pode por si só, adaptar-se às condicionantes de contexto, aumentando o volume se a distância do utilizador aumenta (e vice-versa), ou a velocidade da fala (consoante o utilizador), maximizando as possibilidades de a mensagem ser transmitida com sucesso.

### Sintetizadores

Até ao momento foram desenvolvidos vários sintetizadores, com suporte a diversas modalidades de saída dos quais se destacam várias versões de sintetizadores baseados em síntese de fala e visualização de texto. A sua inclusão na arquitetura é ilustrada pela Figura 11.4.

O sintetizador de fala usa tecnologia de síntese de fala disponibilizada pela *Microsoft* [10] e encontra-se integrado com os modelos de contexto e utilizador. Desta forma, é possível ajustar a velocidade de leitura da informação com base em informação das capacidades e idade do utilizador ou ajustar o volume do áudio com base na medição do ruído ambiente.

O módulo sintetizador relativo a texto recebe por parte do módulo de fissão, informação em texto para ser mostrada numa área do ecrã, assim como diversos valores dos modelos de contexto e utilizador para adaptação (por exemplo, preferências do utilizador, cor do texto, cor de fundo ou tamanho do texto por defeito quando o utilizador está a uma determinada distância) e um outro valor indicando a distância a que utilizador se encontra do ecrã. Os parâmetros relativos à distância e ao tamanho do texto por defeito são utilizados para calcular o tamanho do

texto a ser mostrado no ecrã. Desta forma, o texto a exibir pode ser alterado rapidamente sempre que ocorra uma alteração da distância do utilizador ao ecrã,

O sintetizador relativo a gráficos a duas dimensões opera de forma similar ao sintetizador de texto a duas dimensões. Utiliza o mesmo dispositivo de saída (ecrã), possui adaptabilidade com recurso ao parâmetro da distância, mostrando imagens ao invés de texto.

### Adaptação

Para melhor compreender o nosso sistema de saída multimodal - que designamos de *AdaptO* (cujos detalhes técnicos podem ser encontrados em [18]) - vamos considerar os seguintes cenários, nos quais o utilizador interage com o sistema através de modalidades de texto e fala:

1. Suponha-se que o sistema pretende enviar uma mensagem e que o utilizador se encontra demasiado afastado do ecrã. O serviço de contexto informa a modalidade de

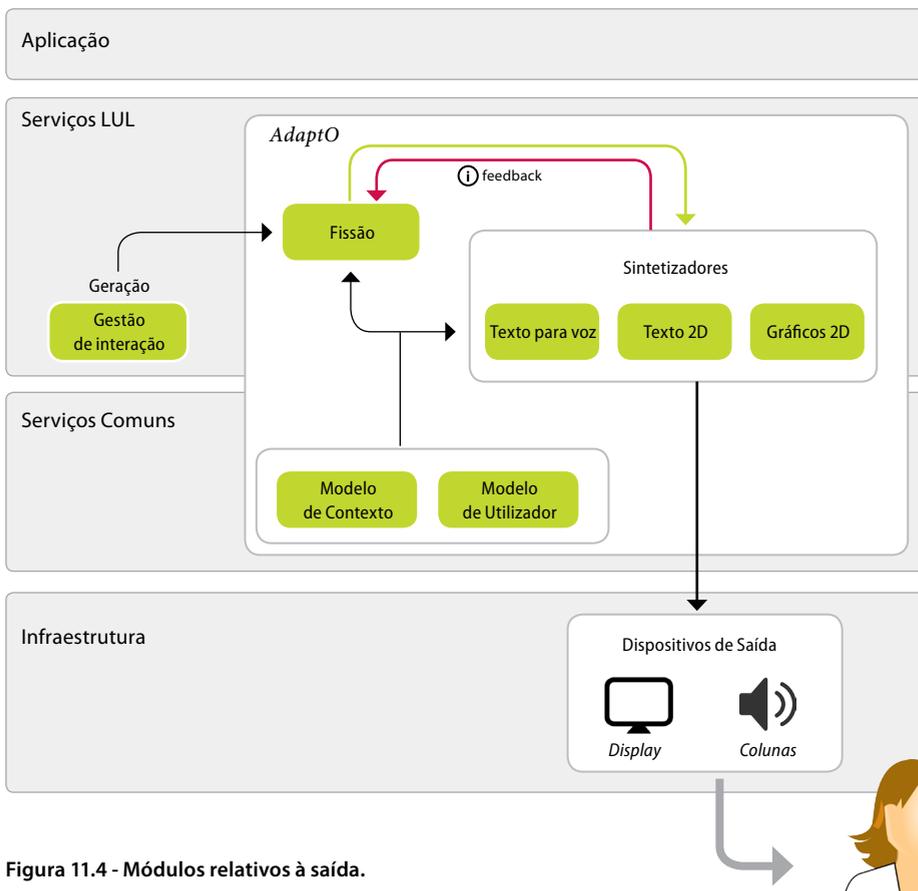


Figura 11.4 - Módulos relativos à saída.



saída de texto da distância do utilizador. O sintetizador de texto recalcula os seus parâmetros e verifica que o envio da mensagem nestas condições terá baixas probabilidades de sucesso. Como tal notifica o serviço de registo que se encontra desligado. No momento de envio da mensagem, o sistema terá apenas a opção de fornecer a mesma através de outros sintetizadores disponíveis, neste caso o sintetizador de fala. A Figura 11.5 representa uma ilustração do cenário apresentado.

2. Suponha-se que o sistema pretende enviar outra mensagem ao utilizador. No entanto, o utilizador encontra-se desta vez próximo do ecrã, mas, em contrapartida, existe um nível de ruído na divisão muito elevado. Seguindo o mesmo padrão do cenário anterior, o sintetizador de fala desliga-se. No entanto, o sintetizador de texto está agora ativo, uma vez que a distância assim o permite. Como existe uma alteração na distância, este recalcula ainda o tamanho da fonte de texto a utilizar antes de transmitir a mensagem ao utilizador.

Estes cenários ilustram a natureza adaptativa do módulo *AdaptO*. Em termos gerais, o sistema permite de ganhos em usabilidade, escalabilidade, autonomia e tolerância a falhas.

## Exemplos de Utilização

As várias instanciações da arquitetura de serviços de suporte a interação multimodal com novos serviços e aplicações relacionados com AAL foram utilizadas em diversas situações, nas quais se destacam:

- As duas aplicações relativas ao serviço *TeleReabilitação* definido e implementado no âmbito do projeto *Living Usability Lab for Next Generation Networks*. Para mais informações veja-se o capítulo 14 deste livro e [11];
- Demonstrações ilustrativas da arquitetura multimodal proposta no âmbito do projeto *Ambient Assisted Living for All (AAL4ALL)* [12]. Esta arquitetura é uma instanciação direta da arquitetura descrita neste capítulo com a particularidade de adotar a comunicação entre as modalidades e o gestor de interação definida pela arquitetura de suporte a interação multimodal do W3C [13], implementando os eventos propostos.
- A interação da aplicação para *Smart Phones* (por exemplo, *Windows Phone*) desenvolvida no âmbito do projeto *Smartphones for Seniors, Mobile Solutions for Older Adults (S4S)* [14] relativa a assistência a idosos no cumprimento da medicação prescrita, denominado de *Medication Assistant*. Neste novo ambiente, móvel, as modalidades são elas próprias decompostas em partes e recorrem a serviços remotos (por exemplo, para efetuar a parte computacionalmente exigente do reconhecimento de fala). Detalhes da interação e arquitetura podem ser encontrados em [15].
- Integração dos serviços relativos à saída adaptável (*AdaptO*) no sistema *Living Home Center (LHC)* desenvolvido pelo *Microsoft Language Development Center* [16].
- Plataforma integradora das diversas modalidades desenvolvidas no âmbito do projeto *Personal Assistant to Enhance the Social Life of Seniors (PaeLife)* [17]. A arquitetura desta plataforma é uma derivação direta da apresentada, destacando-se o desenvolvimento de modalidades de entrada para gestos efetuados com o corpo (suportados em desenvolvimento de ferramentas para *Kinect* por um parceiro do projeto, o INESC-ID) e a utilização de serviços distribuídos por duas plataformas computacionais (um

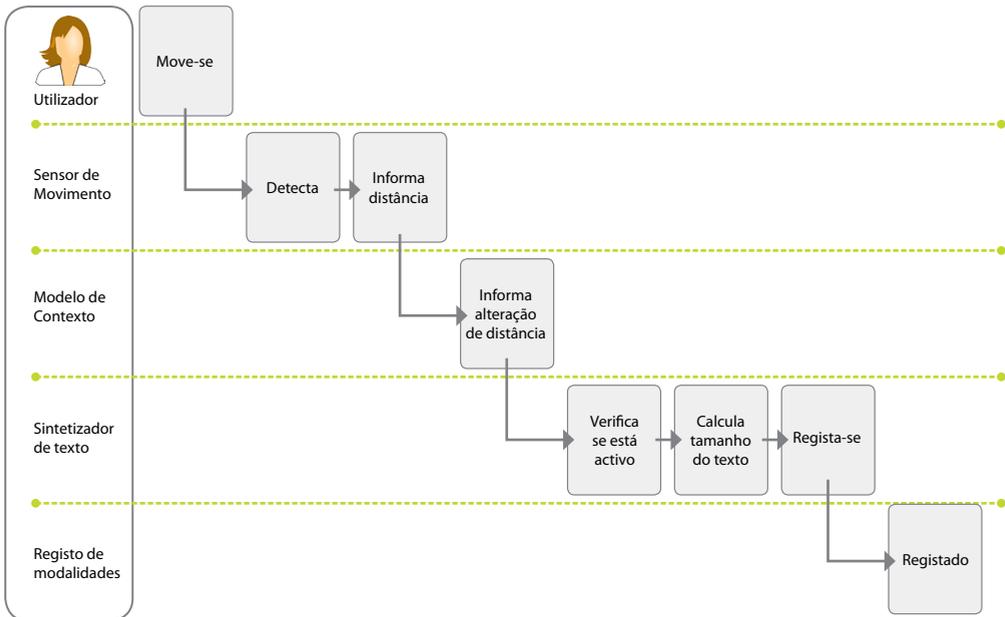


Figura 11.5 - Sequência de acções relativas à mudança da distância do utilizador relativamente ao ecrã (cenário 1).

computador pessoal e uma *Tablet*). Uma primeira aplicação demonstradora foi apresentada na reunião geral do projeto que decorreu em Paris a 14 e 15 de fevereiro de 2013.

## Conclusão

Neste capítulo apresentam-se os desenvolvimentos principais na área do suporte à interação multimodal no âmbito do *Living Usability Lab*. Apesar das inúmeras soluções existentes em AAL para arquiteturas de suporte ao desenvolvimento e integração, raros são os exemplos em que a interação não assume visões monolíticas e centralizadas nas próprias aplicações finais. Derivado destas opções, aspetos como adaptabilidade ou dinamicidade na interação são

esquecidos, dando origem a níveis baixos de usabilidade e personalização. Como resposta, foram apresentadas neste capítulo, as principais linhas de suporte ao desenvolvimento multimodal, nomeadamente através da conceção de uma arquitetura multimodal perfeitamente integrada na arquitetura de desenvolvimento. Com base em serviços autónomos e descentralizados, a arquitetura proporciona um veículo para a rápida integração de componentes de interação. Através de estruturas normalizadas para a comunicação e algoritmos estado da arte como o *AdaptO*, a arquitetura proporciona ao utilizador final adaptabilidade na interação, mas principalmente uma maior escolha em termos de modalidade a utilizar e consequente personalização.

Modalidades assentes na fala - quer de entrada, por reconhecimento, quer de saída,

por síntese - têm um papel fulcral no desenvolvimento de interações naturais, particularmente quando envolvem utilizadores não especialistas em áreas tecnológicas. Tendo consciência disso, a Universidade de Aveiro tem colaborado com o *Microsoft Language Development Center* num esforço para disponibilizar sistemas de reconhecimento e síntese de fala utilizáveis por idosos falantes do português europeu, assunto para o próximo capítulo.

## Agradecimentos

A arquitetura e os módulos descritos neste capítulo iniciaram-se no projeto QREN *Living Usability Lab for Next Generation Networks* e foram sofrendo evoluções no âmbito de outros projetos, nomeadamente QREN *Ambient Assisted Living for All (ALL4ALL)*, *Smartphones for Seniors*, *Mobile Solutions for Older Adults - S4S (QREN 21541)*, *Personal Assistant to Enhance the Social Life of Seniors - PaeLife (FCT AAL/0015/2009)*. Em consequência, os autores agradecem o financiamento COMPETE, FEDER e FCT a estes projetos e, em particular, ao financiamento no âmbito do ALL4ALL, projeto em que a arquitetura teve desenvolvimentos significativos.

## REFERÊNCIAS

- Dumas B, Lalanne D, Oviatt S. Multimodal Interfaces: A Survey of Principles, Models and Frameworks. *Human Machine Interaction: Research Results of the MMI Program*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2009.
- O'Connell TA. The Why and How of Senior-Focused Design. *Universal Usability: Designing Computer Interfaces for Diverse User Populations*. Chichester: Wiley; 2009.
- Rousseau C, Bellik Y, Vernier F. Multimodal Output Specification / Simulation Platform. 7th International Conference on Multimodal Interfaces, ICMI 2005. Trento; 2005.
- Johnston M. Building multimodal applications with EMMA. The 2009 ACM International Conference on Multimodal interfaces. Cambridge; 2009.
- Baggia P, Burnett D, Carter J, Dahl D, McCobb G, Raggett D. EMMA: Extensible MultiModal Annotation Markup Language. W3C; 2009. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/emma/>. [Acedido em 2013].
- Dumas B, Lalanne D, Ingold R. Description Languages for Multimodal Interaction: A Set of Guidelines and its Illustration with SMUIML. *Journal on Multimodal User Interfaces*. 2010; 3: 237-247.
- Atrey P, Hossain M, Saddik A, Kankanhalli M. Multimodal Fusion for Multimedia Analysis: A Survey. *Multimedia Systems*. 2010; 16(6): 345-379.
- Zaguia A, Hina M, Tadj C, Ramdane-Cherif A. Interaction Context-Aware Modalities and Multimodal Fusion for Accessing Web Services. *Ubiquitous Computing and Communication Journal*. 2010; 5(4).
- Zaguia A, Hina M, Tadj C, Ramdane-Cherif A. Using Multimodal Fusion in Accessing Web Services. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*. 2010, 1(2): 121-137.
- Microsoft Speech Platform. Microsoft, 2013. [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh361572.aspx>. [Acedido em 2013].
- Teixeira A., Pereira C, Silva MO, Alvarelhão J, Silva A, Cerqueira M, Martins A, Pacheco O, Almeida N, Oliveira C, Costa R, Neves AJR. New Telerehabilitation Services for the Elderly. In: Miranda I, Cruz-Cunha M, editors. *Handbook of Research on ICTs for Healthcare and Social Services: Developments and Applications*. IGI Global: 2012.
- AAL4ALL - Ambient Assisted Living for All [Online]. Available: <http://www.aal4all.org/>. [Acedido em 2013].
- Bodell M, Dah DI, Kliche I, Larson J, Porter B, Raggett D, Raman T, Rodriguez B, Selvaraj M, Tumuluri R, Wahbe A, Wiechno P, Yudkowsky M. Multimodal Architecture and Interfaces. W3C; 2012. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/mmi-arch/>. [Acedido em 2013].

14. Smartphones for Seniors [Online]. Available: <http://www.smartphones4seniors.org/en-us/home.aspx>. [Acedido em 2013].
15. Teixeira A, Ferreira F, Almeida N, Rosa A, Casimiro J, Silva S, Queirós A. Multimodality and Adaptation for an Enhanced Mobile Medication Assistant for the Elderly. 3rd Workshop on Mobile Accessibility in Conference on Human Factors in Computing Systems. Paris; 2013.
16. Teixeira V, Pires C, Pinto F, Freitas J, Dias MS, Rodrigues EM. Towards Elderly Social Integration using a Multimodal Human-computer Interface. AAL 2012 - 2nd International Living Usability Lab Workshop on AAL Latest Solutions, Trends and Applications (In conjunction with BIOSTEC 2012). Algarve, 2012.
17. PaeLife: Personal Assistant to Enhance the Social Life of Seniors [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/portugal/mldc/paelife/>. [Acedido em 2013].
18. Teixeira A, Pereira C, Silva MO, Pacheco O, Neves AJR, Casimiro J. AdaptO - Adaptive Multimodal Output. 1st International Conference on Pervasive and Embedded Computing and Communication Systems. Vilamoura; 2011.



## Tecnologias de Fala para Pessoas Idosas

Catarina Oliveira<sup>1,2</sup>, Luciana Albuquerque<sup>6</sup>, Annika Hämäläinen<sup>3</sup>, Fernando Miguel Pinto<sup>3</sup>, Miguel Sales Dias<sup>3</sup>, Ana Júdice<sup>3</sup>, João Freitas<sup>3</sup>, Carlos Galinho Pires<sup>3</sup>, Vítor Duarte Teixeira<sup>3</sup>, António Calado<sup>3,5</sup>, Daniela Braga<sup>4</sup>, António Teixeira<sup>2,5</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Microsoft Language Development Center, Lisboa, Portugal.

<sup>4</sup>Microsoft Corporation, Bellevue, WA, Estados Unidos da América.

<sup>5</sup>Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>6</sup>Mestrado em Ciências da Fala e da Audição, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

### Introdução

O envelhecimento é um processo tão natural quanto complexo que implica várias alterações fisiológicas, cognitivas, psicológicas e até sociais. Também a voz vai sofrendo modificações com a idade e, embora as mais significativas aconteçam durante a puberdade, são também observáveis várias alterações na passagem da idade adulta para a terceira idade.

Com o decorrer dos anos, fruto das alterações verificadas nas estruturas que participam na produção de fala, mais especificamente nos sistemas respiratório, fonatório (ou laríngeo) e articulatório [1], a qualidade vocal do indivíduo altera-se. Os efeitos das

modificações anatomofisiológicas do aparelho fonador fazem sentir-se, essencialmente, na diminuição da taxa de elocução, no aumento das pausas e variações dos parâmetros acústicos (*e.g.* frequência fundamental). Todas estas modificações são uma consequência natural do envelhecimento humano e não devem ser confundidas com perturbações vocais de causa patológica.

As variações da voz relacionadas com a idade têm sido amplamente estudadas desde os anos 60. Alguns estudos têm como propósito a análise dos correlatos acústicos da idade e a identificação dos aspetos do sinal de fala mais afetados pelo envelhecimento, enquanto outros se focam essencialmente em questões perceptivas, mais concretamente

nos mecanismos que presidem à identificação da idade de um indivíduo, com base na sua voz.

Não obstante as diferenças consideráveis em relação aos métodos e amostras de fala utilizadas, o que dificulta a comparação entre os estudos, os resultados dos testes de perceção sugerem uma taxa de acerto relativamente elevada no que toca ao reconhecimento da idade através da voz [2]. Os julgamentos são, no entanto, afetados por vários fatores, relacionados com o falante (*e.g.* género, idade), o ouvinte (*e.g.* género, idade, dialeto), a amostra de fala (*e.g.* duração dos estímulos) ou a tarefa (*e.g.* número de estímulos e repetições) [2]. Aparentemente, os ouvintes apoiam os seus julgamentos em diferentes pistas acústicas, como a frequência fundamental, a taxa de elocução ou a frequência dos formantes, embora a relação entre estes parâmetros, bem como a sua potencial contribuição para o reconhecimento da idade permaneça por esclarecer.

Embora o número de pessoas idosas que utiliza os computadores esteja a crescer, investigações prévias sugerem que esta população tem mais dificuldades no uso da tecnologia [3, 4]. Para o facto, contribuem a complexidade das *interfaces* existentes e o conjunto limitado de modalidades de interação disponíveis. A voz é, sem dúvida, a forma mais natural de interação humano-computador [5], contudo, quando se trata de fala de pessoas idosas, os atuais sistemas de síntese e reconhecimento de fala apresentam limitações de desempenho [6]. Só um conhecimento mais aprofundado da forma como a fala varia com a idade possibilitará o desenvolvimento de tecnologias de fala mais adaptadas ao utilizador final, seja ele uma criança ou uma pessoa idosa.

Face ao exposto, este capítulo tem como primeiro objetivo descrever as alterações anatomofisiológicas do aparelho fonador,

decorrentes do envelhecimento, e consequentes modificações nos parâmetros acústicos, que contribuem para mudanças na qualidade vocal dos indivíduos. De um modo geral, os efeitos do envelhecimento vocal são mais marcados nos homens do que nas mulheres, pelo que ao longo deste capítulo chamaremos a atenção para as diferenças entre os dois géneros no que ao envelhecimento dos órgãos da fala diz respeito.

Na segunda parte do capítulo, daremos conta dos esforços efetuados pelo *Microsoft Language Development Center*, o centro de investigação e desenvolvimento da *Microsoft Portugal*, ao longo de dois anos (2010-2012), no sentido de criar uma base de dados de fala de pessoas idosas suficientemente extensa para permitir o treino de modelos acústicos e o consequente desenvolvimento de tecnologias de reconhecimento da fala de pessoas idosas. Esta iniciativa, desenvolvida no âmbito do *Living Usability Lab* (LUL), está em linha com outros projetos recentes para recolher *corpora* de fala de pessoas idosas, tais como o JASMIN-CGN [7] para o holandês e flamengo, ou o S-JNAS [8], para o japonês.

Neste capítulo, serão descritos os procedimentos adotados na seleção dos falantes e do *corpus*, recolha dos dados, transcrição e anotação dos mesmos.

Dando seguimento ao propósito principal, estão neste momento a ser treinados e testados pelo *Microsoft Language Development Center* modelos acústicos específicos para as pessoas idosas, que serão usados no protótipo do *Living Home Center* [9] e noutras aplicações controladas por voz destinadas a este público-alvo.

## Envelhecimento do Aparelho Fonador

Nesta secção, serão descritas algumas das modificações sofridas pelo aparelho fonador em virtude do envelhecimento, ao nível do sistema respiratório, laríngeo e supra-laríngeo.

### Sistema Respiratório

No âmbito da produção de fala, o sistema respiratório tem como função fornecer o ar necessário para a articulação dos sons [10, 11].

As alterações anatómicas mais frequentes, relacionadas com o envelhecimento, são a diminuição da força da musculatura respiratória, devido à calcificação da cartilagem torácica, à movimentação descendente dos pulmões no tórax e à diminuição da elasticidade da caixa torácica, da cartilagem e das costelas [12-19].

Com o envelhecimento, os canais alveolares e os bronquíolos de maior calibre aumentam de diâmetro, o que leva ao aumento do espaço morto e, por consequência, à diminuição da quantidade de ar disponível para as trocas gasosas [13, 14]. Estas alterações anatómicas levam à diminuição da capacidade pulmonar, devido a uma menor capacidade para insuflar e desinsuflar os pulmões [14]. O envelhecimento conduz à diminuição da capacidade vital, ao aumento do volume residual (devido ao aumento de diâmetro dos canais alveolares) e à diminuição do volume de reserva inspiratório e expiratório [13, 14, 20, 21]. Outra alteração a salientar prende-se com a diminuição da taxa de fluxo expiratório máximo e da pressão pulmonar [13]. A redução da capacidade pulmonar pode chegar aos 40% entre os 20 e os 80 anos de idade [22].

A força muscular inspiratória e expiratória diminui nas pessoas idosas em geral, mas este efeito é mais proeminente na força inspiratória das mulheres. Já a diminuição da elasticidade pulmonar poderá ser mais pronunciada nos homens do que nas mulheres [17].

### Alterações Laríngeas

De um modo geral, as alterações anatomo-fisiológicas da laringe relacionadas com a idade são denominadas presbilinge e o seu efeito na qualidade vocal designa-se por presbifonia [23-25].

As principais modificações da estrutura laríngea, motivadas pela idade, são a atrofia dos músculos intrínsecos da laringe, redução do espessamento e desidratação da mucosa laríngea, perda de elasticidade dos ligamentos, calcificação e ossificação das cartilagens, resultando num aumento da rigidez das pregas vocais [11, 13, 17, 18, 23, 24, 26]. Estas alterações modificam o padrão de vibração das pregas vocais e podem estar na origem da diminuição do encerramento glótico e do arqueamento das pregas vocais em pessoas idosas [18, 26].

Durante o envelhecimento, ocorre deterioração do tecido muscular e aumento do tecido conjuntivo nas pregas vocais, ao mesmo tempo que se verifica uma ossificação e calcificação das cartilagens tiróide, cricóide e aritenóide [19, 22]. As cartilagens cricóide e tiróide começam a ossificar por volta dos 20 anos de idade e, aos 65, toda a estrutura laríngea, com exceção das cartilagens elásticas, se torna óssea, perdendo grande parte da sua mobilidade [11, 22]. A ossificação das cartilagens laríngeas afeta a produção vocal, limitando e alterando o movimento, a velocidade e o equilíbrio articular necessário à fonação, principalmente no género masculino [13, 22, 27].

Também a desidratação do epitélio da mucosa da laringe e das pregas vocais, provocada pela redução da secreção das glândulas mucosas, pode causar a vibração irregular das pregas vocais e, por consequência a deterioração da qualidade vocal [13, 19].

Com a idade, as pregas vocais sofrem alterações histológicas [24, 28], observando-se uma maior deposição de colagénio e uma redução na produção de ácido hialurónico na lâmina própria das pregas vocais [25, 29]. A camada superficial da lâmina própria torna-se mais espessa e edematosa, em ambos os géneros, devido à diminuição da densidade dos fibroblastos, das fibras elásticas e do colagénio, nesta camada [30]. Nos homens, a camada intermédia da lâmina própria torna-se mais fina, devido à atrofia das fibras elásticas, e a camada mais profunda torna-se mais espessa, devido a espessamento das fibras de colagénio, podendo, ainda, verificar-se fibrose nestas fibras [24, 29, 30]. As alterações nas fibras elásticas e colagénias da lâmina própria resultam na atrofia e no arqueamento das pregas vocais, no entanto, estes também podem estar relacionadas com as alterações da articulação cricoaritenóideia [13, 28].

Em diversos estudos é apresentada uma elevada incidência de fenda glótica em pessoas idosas [13, 24, 31], sendo a atrofia dos músculos intrínsecos da laringe apontada como uma das suas principais causas [23, 26, 27, 32]. Também existem algumas evidências de degeneração do nervo laríngeo, bem como de alterações na irrigação sanguínea dos músculos laríngeos, devido à progressiva arteriosclerose dos vasos sanguíneos [16]. Segundo Mautner [19], a afeção dos nervos laríngeos também pode alterar o fechamento glótico, o que demonstra a relação entre os músculos intrínsecos da laringe e a aproximação das pregas vocais ou a configuração glótica.

A configuração das fendas glóticas pode variar em função dos músculos afetados, de modo que o enfraquecimento do músculo tirearitenóideo pode resultar no fechamento incompleto, ou numa configuração fusiforme. A incidência de fendas glóticas é mais comum nos homens idosos do que nos homens jovens [13, 26, 33]. Nas mulheres não se verifica uma incidência significativamente superior em idosas comparativamente a mulheres jovens [13, 26, 33].

Segundo Melcon *et al.* [34], a resistência valvular da laringe nos homens com idade superior a 75 anos é inferior à de homens mais jovens. No entanto, a resistência laríngea em mulheres não varia significativamente com o avanço da idade [20]. A diminuição da resistência da laringe pode resultar numa maior perda de ar durante a fonação, reduzindo a quantidade de ar expiratório que está disponível para a fonação [34].

Em suma, as alterações laríngeas relacionadas com a idade são frequentes e ocorrem mais cedo nos homens do que nas mulheres [11, 24, 26]. Resumidamente, na laringe masculina, as alterações predominantes são a atrofia muscular, a redução da elasticidade e as alterações fibróticas da lâmina própria das pregas vocais, que levam à diminuição da sua espessura [11, 23] e ao encurtamento dos ligamentos vocais (particularmente após os 70 anos de idade) [16, 19]. A diminuição da secreção das glândulas mucosas da laringe e o arqueamento das pregas vocais também é mais comum nos idosos do género masculino [11, 13, 16]. Já nas mulheres, a atrofia pode ser menos significativa, mas o espessamento das pregas vocais resulta, geralmente, em edema da camada superficial da lâmina própria [23]. O epitélio espessa progressivamente nas mulheres, especialmente após os 70 anos de idade, enquanto nos homens espessa até aos 70 anos e a partir daí começa a ficar mais fino [13, 16]. Após a menopausa, a ausência

de progesterona, a diminuição de estrogênio e o aumento do androgênio é responsável por mudanças significativas na mucosa da laringe, como o aumento de massa e o edema das pregas vocais [11, 23, 24, 26].

### Alterações Supra-Laríngeas

O fluxo de ar proveniente da laringe é modulado ao nível das cavidades supraglóticas [10], que incluem a faringe e as cavidades oral e nasal [1, 35].

As alterações no sistema supraglótico decorrentes do envelhecimento são várias e implicam alterações no comprimento e na forma do trato vocal [13, 16].

Desde a idade adulta até à velhice verifica-se um crescimento do esqueleto craniofacial de cerca de 3 a 5% [13, 18, 33, 36]. A flacidez e a atrofia muscular que se verifica ao nível dos sistemas respiratório e fonatório também afetam o sistema articulatorio, nomeadamente os músculos cervicais, faciais, linguais, mastigatórios e faríngeos [13, 33].

Devido a esta atrofia generalizada e ao desgaste dos discos intervertebrais (mais comum nas mulheres, uma vez que estas têm tendência a perder maior densidade óssea nas vértebras), ocorre um leve abaixamento da posição da laringe, o que provoca um aumento do comprimento do trato vocal [13, 18, 27].

Na articulação temporomandibular, também se verificam extensas alterações degenerativas, incluindo redução gradual de tamanho e diminuição do aporte sanguíneo, o que conduz à diminuição da mobilidade articular [13, 16, 33].

Na cavidade oral, devido à diminuição da produção de saliva, ocorrem alterações como a diminuição da hidratação da cavidade oral, o que leva a que a mucosa se

torne mais fina e a sua superfície áspera, perdendo elasticidade [13, 37]. A superfície da língua começa a ficar mais fina e fissurada, enquanto os músculos da língua atrofiam e sofrem infiltração de gordura [16, 33]. A diminuição da hidratação da cavidade oral leva ao aumento do atrito e a uma maior dificuldade nos ajustes co-articulatórios na fala normal [37].

A perda de dentes é uma ocorrência comum em pessoas idosas [13, 33, 37], sendo responsável por alterar a função muscular e adicionalmente alterar as dimensões anatómicas da cavidade oral [37]. Em pessoas idosas sem dentes observa-se hipertrofia da língua, atrofia dos lábios e da mucosa das gengivas, diminuição do tônus muscular da língua e da face e um aumento da função lingual na estabilização da mandíbula, na sequência das alterações da forma facial [37].

As alterações na faringe e no palato mole incluem o afinamento do epitélio, a atrofia muscular e a diminuição da sensibilidade [16]. Alguns estudos também referem que a atrofia da musculatura velar com a idade conduz a uma diminuição da eficiência velofaríngea [38]. No entanto, Hoit *et al.* [38] não encontraram evidências de que a competência velofaríngea, para a fala, se deteriore com a idade. Deste modo, sugeriram que pessoas idosas podem utilizar aberturas menores da boca, pela diminuição da mobilidade da articulação temporomandibular, do que indivíduos mais jovens e desta forma, os valores elevados de nasalidade não devem, necessariamente, ser interpretados como uma evidência de um mau encerramento velofaríngeo.

As diversas alterações anatomofisiológicas, decorrentes do envelhecimento, no sistema articulatorio parecem repercutir-se num alongamento e alargamento da porção supraglótica do trato vocal [39].

Relativamente ao comprimento, a cavidade oral tende a alongar-se de forma mais significativa, comparativamente à cavidade faríngea [39]. No que concerne ao volume, o significativo aumento do volume da cavidade oral, nos falantes idosos, contribui diretamente para o expressivo aumento do volume total do trato vocal. Por outro lado, o volume da faringe parece manter-se, mais ou menos estável, em função do envelhecimento [39]. Assim, as alterações volumétricas do trato vocal, em homens e mulheres, são mais visíveis do que as alterações de comprimento [39].

Em suma, as alterações anatomofisiológicas decorrentes do envelhecimento, que ocorrem a nível do sistema supraglotal, conduzem a alterações no posicionamento articulatório durante a produção de fala, o que pode alterar as suas características acústicas [40].

## **Análise Acústica da Fala de Pessoas Idosas**

As alterações estruturais no aparelho fonador têm vários efeitos na voz das pessoas idosas, que incluem uma diminuição da taxa de elocução (de cerca de 20 a 25%, segundo Schötz [16]), um aumento das pausas, que implica um abrandamento adicional da velocidade de fala, e modificações nos parâmetros acústicos.

A análise acústica permite, de forma não invasiva, determinar e quantificar a qualidade vocal do informante, mediante a análise dos diferentes parâmetros acústicos que compõem o sinal, como a periodicidade, a amplitude, a duração e a composição espectral [11]. As características acústicas dos sons da fala refletem a sua configuração articulatória. Deste modo, e tendo em conta as alterações vocais resultantes do envelhecimento, é de esperar que estas tenham reper-

cussões nas características acústicas da voz de pessoas idosas.

### **Frequência Fundamental**

A frequência fundamental vocal (F0) é determinada pela vibração das pregas vocais, que gera ondas sonoras periódicas complexas [11, 35, 41] e é medida, habitualmente, em Hertz (Hz),

Independentemente da língua em análise, a maioria dos estudos que analisa o efeito do envelhecimento na F0 da voz de pessoas idosas refere um aumento significativo da F0 em homens e uma diminuição significativa da F0 em mulheres [18, 32, 42-44].

Noutros estudos, apenas se verifica um ligeiro aumento da F0 nos homens e uma diminuição significativa da F0 nas mulheres, ao longo do envelhecimento [26, 45, 46].

Existem, ainda, estudos que referem que a F0 da voz de pessoas idosas tem tendência a diminuir, tanto no género masculino, como no género feminino [43, 47, 48].

De uma forma geral, a literatura parece ser concordante com o facto da F0, em mulheres, diminuir na velhice. Por outro lado, para o género masculino, a literatura não é concordante quanto às alterações na F0. Este facto pode estar relacionado com as diferentes metodologias adotadas por cada estudo, nomeadamente com as diferentes faixas etárias em análise.

As principais causas apontadas para a diminuição de F0 nas mulheres são o edema das pregas vocais, com conseqüente aumento de massa, resultante das alterações endócrinas pós-menopausa (pela instabilidade no nível estrogénio-progesterona) [26, 32]. Por outro lado, o aumento de F0 nos homens idosos pode dever-se à atrofia muscular, à diminuição da espessura e ao aumento da rigidez das pregas vocais, que levam à perda

de massa a nível das pregas vocais, devido à diminuição da secreção da hormona testosterona [42, 46]. Assim, perda de massa a nível das pregas vocais pode levar ao aumento de F0 nos homens idosos, enquanto, o aumento de massa nas pregas vocais conduz à diminuição da F0 da voz de mulheres idosas.

### Intensidade Vocal

A intensidade de uma onda sonora corresponde à quantidade de energia transportada pela onda em função de uma área percorrida, num determinado período de tempo, e é medida através da escala logarítmica decibel (dB) [35].

Com o envelhecimento também parecem surgir alterações a nível da intensidade vocal. Na maior parte dos estudos é referido uma diminuição da intensidade vocal em pessoas idosas, comparativamente a adultos jovens, que parece estar relacionada com a redução da capacidade respiratória no decorrer do envelhecimento [18, 43]. Ryan [49] refere, no entanto, um aumento da intensidade vocal, no género masculino com o avanço da idade, sendo esse aumento mais significativo na faixa etária dos 70 aos 80 anos de idade. Uma explicação é o facto de, com o avanço da idade, a capacidade auditiva diminuir, diminuindo o *feedback* auditivo, e, por isso, indivíduos mais velhos fazerem um maior esforço vocal para manter estável o seu *feedback* auditivo, produzindo, por isso, um pequeno, mas mensurável, aumento da intensidade vocal [49].

### Alterações na Estabilidade Fonatória

As medidas acústicas de estabilidade fonatória incluem o *shimmer*, o *jitter* e o índice sinal ruído (*Harmonics-to-Noise Ratio* - HNR).

O *jitter* corresponde à variabilidade da frequência fundamental (ou período) de um ciclo para o seguinte [11, 30, 50]. O *shimmer* é uma medida que quantifica as alterações mínimas da amplitude, ou seja, corresponde à variabilidade da amplitude de um ciclo para o seguinte [11, 30, 50]. O HNR relaciona a componente harmónica e a componente de ruído da onda acústica, ou seja, se o ruído espectral aumenta, a energia da frequência dos harmónicos diminui [11].

No geral, os estudos referem que o envelhecimento acarreta um aumento da perturbação do sinal acústico em homens e mulheres, provocando alterações nos valores normais de *jitter*, *shimmer* e HNR [18].

A ossificação das cartilagens, a degeneração muscular e as alterações respiratórias (diminuição da capacidade elástica do tecido pulmonar e redução da capacidade vital) contribuem para a instabilidade vibratória das pregas vocais e esta interfere na periodicidade da sua vibração [32]. A medicação, que muitas pessoas idosas tomam, também pode contribuir para o aumento da predominância de ruído, em vez da componente harmónica, na voz [32].

### Frequência dos Formantes

A onda sonora periódica produzida pelas pregas vocais (F0 e harmónicos) é amplificada e filtrada pelas cavidades supraglóticas, que têm frequências de vibração naturais [35]. Assim, os formantes correspondem às frequências naturais de vibração do trato vocal e são específicos para cada vogal [35]. Segundo Kent [41] '*... formant frequencies depend on the length of the vocal tract and the cross-sectional shape of the vocal tract as a function of its length*'. Desta forma, a frequência dos formantes é determinada pela forma do trato vocal, podendo variar con-

soante a altura da língua e mandíbula (primeiro formante - F1), o avanço e recuo da língua (segundo formante - F2)) e o arredondamento dos lábios (terceiro formante - F3).

Os valores da frequência dos formantes das vogais variam consoante os movimentos articulatórios e as alterações no comprimento do trato vocal. Consequentemente, é espectável que os valores das frequências dos formantes sofram alterações no decorrer do envelhecimento, devido às alterações anatómicas que afetam o trato vocal. De uma forma geral, a literatura indica que as frequências dos formantes têm tendência a diminuir em falantes idosos, comparativamente a jovens [18, 36, 39, 44, 51].

A diminuição dos valores das formantes deve-se às alterações nas dimensões faríngeas ao longo do envelhecimento, assim como, ao abaixamento da laringe, ao contínuo aumento do esqueleto craniofacial e ao aumento das dimensões do trato vocal em pessoas idosas [18, 36, 44]. No entanto, Xue e Hao [39] estudaram as alterações no trato vocal devido ao envelhecimento e a sua correlação com os parâmetros acústicos da produção da fala, não tendo verificado correlação entre o alongamento do trato vocal e a diminuição da frequência dos formantes. Os mesmos autores referem, também, que as alterações nas cavidades do trato vocal, durante o envelhecimento, podem ter impactos diferentes na frequência dos formantes, e que a diminuição da frequência dos formantes é diferente entre o género masculino e feminino, variando também as vogais que são afetadas por esta diminuição.

Devido às alterações verificadas, nas duas primeiras formantes, no decorrer do envelhecimento, é natural que o triângulo acústico das vogais de pessoas idosas não corresponda ao de adultos jovens e de meia-idade [18]. A literatura refere que existe uma tendência de centralização das vogais

em falantes idosos [16, 18, 44], o que está relacionado com a diminuição da frequência dos formantes das vogais [39, 44]. No entanto, em alguns casos estas alterações apenas são verificadas em algumas vogais [39, 52].

### Corpus de Fala de Pessoas Idosas para o Português Europeu

Nesta secção, serão descritas todas as etapas de aquisição de dados de fala de pessoas idosas para o português europeu, desde a seleção dos falantes até à transcrição e anotação dos dados. A última parte é dedicada à apresentação das primeiras experiências de utilização do *corpus* para treino e teste de modelos acústicos, no contexto do reconhecimento de fala de pessoas idosas.

#### Seleção dos Falantes

De acordo com a literatura [6], que estabelece como limite mínimo para a fala de pessoas idosas os 60-70 ano, o *corpus* recolhido inclui falantes com idade igual ou superior a 60 anos. No sentido de garantir capacidades mínimas de leitura, compreensão e expressão verbal, foram recrutados falantes de 29 universidades seniores nacionais, entre Outubro de 2010 e Maio de 2012.

Foram gravadas 986 sessões de fala válidas (*i.e.* completas, sem dados de teste e sem rejeições), das quais 714 (72.4%) pertencem ao género feminino e 272 (27.6%) ao género masculino. A Tabela 12.1 apresenta informação sobre a distribuição de idades e região dos falantes. Como seria de esperar, o número de sujeitos por faixa etária diminui com o aumento da idade.

Tabela 12.1 - Número de falantes por idade e região. O grupo 'Desconhecida' inclui falantes com 60 anos ou mais, cuja faixa etária não foi registada.

Idade/Região	Centro	Sul	Norte	Madeira	Açores	Fora do país	Total
60-65	240	21	128	1	0	10	400
66-70	106	14	47	2	0	12	181
71-75	86	15	50	2	1	6	160
76-80	55	6	25	0	0	5	91
81-85	32	3	18	0	0	0	53
86-90	18	1	12	0	0	1	32
91-95	0	0	0	0	0	0	0
96-100	0	0	1	0	0	0	1
Desconhecida	45	1	18	0	0	4	68
<b>Total</b>	<b>582</b>	<b>61</b>	<b>299</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>38</b>	<b>986</b>

### Seleção e Recolha dos Dados

Para a recolha dos dados, foi usada a plataforma Web 'Doar a Voz', desenvolvida pelo *Microsoft Language Development Center*, com base numa outra já existente (*Your Speech*) e que consiste num servidor *Web* e numa aplicação cliente que recolhe áudio, utilizando uma componente *Silverlight*, no visualizador *Internet Explorer*. Esta plataforma foi adaptada à população sénior (por exemplo, utilizando caracteres de maior dimensão, simplificando a *interface* gráfica ou calibrando o algoritmo de deteção de fala de forma a suportar pausas mais longas).

Como foi já referido, a maior parte das sessões de recolha decorreu em universidades seniores (da zona de Lisboa, Oeiras, Cascais e Porto) e contou com o auxílio de colaboradores do *Microsoft Language Development Center* e ainda de 18 estudantes, devidamente treinados para o efeito.

Foram recolhidas cerca de 190 horas de fala, das quais 89,5 correspondem a fala pura. O *corpus* inclui 157 120 frases com 810 000 palavras, das quais 10 400 são palavras únicas.

Procurou-se selecionar um conjunto de frases que resultassem num *corpus* de leitura, adequado ao treino de modelos acústicos a utilizar numa grande variedade de aplicações controladas por voz, desde o comando e controlo até ao ditado. A seleção e estrutura das frases foram baseadas nas especificações de *corpora* de fala do português já existentes, como o *SpeechDat II* ou o *Speecon*. Estas incluíram frases foneticamente ricas, bem como outro tipo de expressões verbais usadas em aplicações controladas por voz (e.g. dígitos isolados, números, datas e expressões temporais). Para além disso, foram incluídas frases específicas para aplicações controladas por voz, desenvolvidas no âmbito do LUL (e.g. *Living Home Center* [9]).

A Tabela 12.2 ilustra todas as categorias de frases observadas e, para cada uma delas, o número de concretizações distintas e a quantidade de fala pura recolhida.

As frases foneticamente ricas foram extraídas dos clássicos da literatura portuguesa e do *corpus* jornalístico *CETEMPúblico* [53]. Tendo em conta as características do público-alvo, foram evitadas frases longas e complexas e as frases relacionadas com tópicos sensíveis (*e.g.* morte) foram também filtradas [54].

Os números naturais correspondem a números decimais de 4 a 6 dígitos (*e.g.* 3,455) que, na prática, foram algumas vezes pronunciados pelos falantes de formas inesperadas, como no exemplo de 579,327, que foi lido como dois números cardinais (579 e 327) separados pela palavra ‘vírgula’.

Os nomes de pessoas consistem em combinações de nomes portugueses, mais especificamente do nome e do apelido (*e.g.* Alice Neto), e os nomes de cidades contêm um total de 500 cidades portuguesas (*e.g.* Aveiro) e também nomes de cidades europeias em português (*e.g.* Varsóvia ‘Warsaw’).

As frases aplicacionais contêm comandos completos considerados relevantes para as aplicações do LUL como, por exemplo, *Email* ativado por voz (*e.g.* abrir mensagem) ou agenda (*e.g.* ativar alarme). As palavras aplicacionais são versões reduzidas destas expressões (*e.g.* responder, favoritos) e as palavras da *Internet* consistem em sítios importantes (*e.g.* Hotmail), aplicações (*e.g.* Internet Explorer) e comandos de teclado (*e.g.* enter). PIM refere-se a comandos que podem ser usados em aplicações de gestão

**Tabela 12.2 - Número de frases diferentes selecionadas e quantidade de fala pura recolhida para cada uma das categorias.**

Categoria	Observações Únicas	Fala Pura (hh:mm:ss)
Frases foneticamente ricas	3497	50:06:49
Números naturais	750	2:52:45
Dígitos isolados	10	0:16:40
Números de telefone	150	5:46:00
Códigos PIN	150	2:51:42
Datas	750	7:34:28
Horas	1125	4:10:35
Intervalos horários	370	2:04:44
Nomes de pessoas	750	2:48:11
Nomes de cidades	500	3:15:31
Palavras aplicacionais	229	2:03:24
Frases aplicacionais	416	3:42:27
Palavras da <i>Internet</i>	29	1:01:13
PIM	210	0:56:30
<b>Total</b>	<b>8936</b>	<b>89:30:59</b>

pessoal de informação (*Personal Information Management Applications*), tais como comandos para gestão de pedidos de reunião ou gestão da agenda.

No caso das expressões numéricas (e.g. números, datas) foram apresentadas aos falantes as formas não normalizadas, no sentido de capturar todas as variações possíveis de leitura deste tipo de expressões. Por exemplo '1 de janeiro' pode ser pronunciado como 'Um de janeiro' ou como 'primeiro de janeiro'. Neste sentido, o número de enunciados diferentes originados por esta categoria de frases foi, por vezes, superior ao número de observações únicas apresentado aos falantes e indicado na Tabela 12.2.

A cada sujeito foi solicitado que pronunciasse um conjunto de 160 frases selecionadas a partir das 14 categorias, de modo a que todas as categorias e frases fossem representadas de uma forma equilibrada no *corpus*. Isto resultou em sessões de gravação com cerca de 20 minutos, uma duração suficientemente curta para manter a atenção dos falantes e que resultou em cerca de 6-7 minutos de fala pura.

As gravações decorreram em ambientes com pouco ruído, usando um computador portátil e um microfone de cabeça com cancelamento de ruído (*Life Chat LX 3000 USB*). A maioria dos dados (54%) foram recolhidos com uma frequência de amostragem de 16 kHz e uma resolução de 16-bit por amostra, enquanto para os restantes 46% foi usada uma frequência de amostragem de 22 kHz e uma resolução de 16-bit.

### Transcrição e Anotação

A anotação ortográfica do *corpus* foi verificada manualmente, com anotação das pausas preenchidas, produções danificadas (e.g. falsas partidas), palavras ininteligíveis e

Tabela 12.3 - Etiquetas disponíveis para anotação do *corpus* de fala de pessoas idosas.

Tag	Descrição
<FILL/>	Pausas preenchidas (e.g. 'umm', 'er', 'ah')
<NON/>	Ruídos não humanos (e.g. ruídos do rato ou do teclado, rádio, TV, música)
<SPN/>	Ruídos humanos (e.g. tosse, respiração audível, eco das frases lidas)
<UNKNOWN/>	Palavras truncadas e ininteligíveis ou fala pouco clara de falantes secundários

ruídos humanos (e.g. tosse) e não humanos (e.g. música de fundo ou som de ativação do rato). A Tabela 12.3 apresenta as etiquetas disponíveis para este trabalho de anotação.

A transcrição e anotação do *corpus* estão ainda em curso. Até à data, cerca de 55% dos dados foram já verificados manualmente. Três colaboradores do *Microsoft Language Development Center* treinados para o efeito estão a ouvir as gravações e a transcrever e anotar, sempre que necessário, as frases mantidas no *corpus* que foram apresentadas aos falantes, de modo a que estas correspondam ao que foi efetivamente produzido por eles, estando a ser planeada a utilização de uma metodologia *crowdsourcing* para acelerar esta tarefa. O trabalho de transcrição e anotação tem sido conduzido usando uma ferramenta própria.

### Modelação Acústica para Reconhecimento da Fala de Pessoas Idosas

O *corpus* de fala de pessoas idosas em português europeu, recolhido durante o projeto QREN *Living Usability Lab for Next Generation Networks*, tem sido utilizado em experi-

ências de treino e teste de modelos acústicos, no contexto do reconhecimento de fala de pessoas idosas, realizadas tanto no INESC-ID como no *Microsoft Language Development Center*, em virtude de uma parceria entre as duas instituições.

Usando um reconhecedor de fala híbrido, que combina os recursos de modelação temporal dos modelos ocultos de *Markov* (*Hidden Markov Models* - HMMs) com a classificação discriminativa de padrões, permitida pela tecnologia de redes neuronais multicamada baseada em *Perceptrons* (*Multilayer Perceptrons* - MLP), Pellegrini *et al.* [55] demonstraram que o desempenho no reconhecimento de fala em português europeu se deteriora com a idade dos falantes. Esta conclusão está em consonância com os escassos resultados disponíveis na literatura, relativos a experiências de reconhecimento de fala de pessoas idosas realizadas para outras línguas [6, 56]. Estes autores reportam ganhos no desempenho de reconhecedores de fala, respetivamente em inglês e japonês, ao usarem modelos acústicos adaptados para pessoas idosas.

Da mesma forma, adaptando as tecnologias de reconhecimento existentes para a fala de pessoas idosas, quer o grupo do *Microsoft Language Development Center*, quer o grupo do INESC-ID, conseguiram obter uma diminuição das taxas de erro de palavra (*Word Error Rate* - WER), em experiências com *corpus* de treino e de teste padronizados em ambos os grupos.

Pellegrini *et al.* [55] voltaram a treinar o modelo acústico baseado em MLP, com dados de fala para os grupos etários 60-65, 66-70, 71-75, 76-80, 81-85, e realizaram experiências de reconhecimento de fala com falantes pertencentes aos mesmos grupos etários. Para todas as faixas etárias, foram observadas melhorias significativas no desempenho de reconhecimento de fala, em comparação com o reconhecedor inicial, cujo modelo acústico

tinha sido treinado com fala de adultos mais jovens. Por exemplo, o WER diminuiu de 45,1% para 30,0% para o grupo etário 76-80. Isto deve-se ao facto do modelo de língua utilizado no reconhecedor ter sido treinado com dados de transmissão de notícias ao vivo, que é um cenário que se distancia daqueles que foram tidos em conta na especificação do *corpus* de fala de pessoas idosas, em português europeu.

Como resultado de algumas experiências, ainda preliminares, a equipa do *Microsoft Language Development Center* conseguiu o melhor desempenho no que respeita a taxa de erro de palavra, com um modelo acústico existente (treinado com um *corpus* de 325 horas de fala pura), que foi atualizado com 84 horas de fala pura do *corpus* de pessoas idosas recentemente recolhido. Este modelo foi testado com gramáticas livres de contexto, as quais foram especificamente criadas para o tipo de dados observados no *corpus* (por exemplo, datas, dígitos isolados ou sequências de dígitos). Foi utilizado um *corpus* de teste com 27 000 palavras. Em comparação com o reconhecedor de base, o WER diminuiu de 6,7% para 6,5%. Esta modesta melhoria de 3,08% em termos relativos, no desempenho do reconhecimento de palavra, sugere que uma modelação acústica mais precisa não significa que se traduza em melhorias consideráveis no desempenho de reconhecimento de fala de pessoas idosas, no caso de cenários de comando e controlo com gramáticas restritas a um domínio específico.

Mais experiências estão a decorrer que envolvem o reconhecimento de fala com modelos de língua mais gerais, que abarcam diversos outros domínios, como a pesquisa geral na *Internet*, o entretenimento (*e.g.* filmes, televisão ou desporto), as notícias mais recentes, a meteorologia ou as finanças, entre outros temas.

## Conclusão

Neste capítulo, foram analisadas as alterações sofridas pelo aparelho fonador durante o processo de envelhecimento, que têm como consequência mudanças nos parâmetros acústicos da voz de pessoas idosas.

Ainda que os dados sejam escassos, estas alterações afetam o desempenho dos sistemas de reconhecimento de fala, tendo sido reportadas taxas de erro superiores para a fala de pessoas idosas, em comparação com a fala de adultos.

O *corpus* de fala de pessoas idosas recolhido pelo *Microsoft Language Development Center* e associado ao LUL permitirá compreender melhor o efeito destas mudanças no desempenho dos sistemas de reconhecimento de fala, sendo que as primeiras experiências de modelação acústica estão já em curso. Tais resultados são importantes para o LUL.

Este *corpus* está disponível para fins de investigação, estando já a ser usado na Universidade de Aveiro para estudar a variação dos parâmetros acústicos (frequência fundamental e formantes) das vogais orais produzidas por falantes idosos do português europeu. A experiência de aquisição de dados de fala de pessoas idosas está também a ser estendida a outros países, como a França, a Hungria e a Polónia, onde estão a ser desenvolvidos esforços para criar bases de dados similares, no âmbito do projeto de investigação e desenvolvimento colaborativo *Personal Assistant to Enhance the Social Life of Seniors (PaeLife)* [57].

## REFERÊNCIAS

1. Kent R, Read C. *The Acoustic Analysis of Speech*. Albany: Singular, Thomson Learning; 2002.
2. Schötz S. *Perception, Analysis and Synthesis of Speaker Age*. Linguistics and Phonetics; 2006.
3. Sfyarakis S, Stephanidis C, et al. *Universal Accessibility in HCI: Process-Oriented Design Guidelines and Tool Requirements*. ERCIM Workshop on User Interfaces for All. Stockholm; 1998.
4. Teixeira V, Pires C, et al. *Towards Elderly Social Integration Using a Multimodal Human-Computer Interface*. International Living Usability Lab Workshop on AAL Latest Solutions, Trends and Applications (BIOSTEC 2012). Vilamoura; 2012.
5. Teixeira A, Braga D, et al. *Speech as the Basic Interface for Assistive Technology*. International Conference on Software Development for Enhancing Accessibility and Fighting Info-Exclusion. Porto Salvo; 2009.
6. Wilpon J, Jacobsen, C. *A Study of Speech Recognition for Children and the Elderly*. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Atlanta; 1996.
7. Cucchiari C, Van Hamme H, et al. *JASMIN-CGN: Extension of the Spoken Dutch Corpus with Speech of Elderly People, Children and Non-Natives in the Human-Machine Interaction Modality*. International Conference on Language Resources and Evaluation. Génova; 2006.
8. Baba A, Yoshizawa S, et al. *Elderly acoustic Models for Large Vocabulary Continuous Speech Recognition*. Transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers. 2002; D-II J85D-II.
9. Pires C, Pinto F, et al. *Living Home Center - A Personal Assistant with Multimodal Interaction for Elderly and Mobility Impaired e-inclusion*. International Conference on Computational Processing of Portuguese. Coimbra; 2012.
10. Stevens K. *Acoustic Phonetics*. Cambridge: The MIT Press; 1998.
11. Guimarães I. *A Ciência e a Arte da Voz Humana*. Lisboa: Escola Superior de Saúde do Alcoitão Lisboa; 2007.
12. Linville S. *Vocal Aging*. San Diego: Singular Thomson Learning; 2001.
13. Linville S. *The Aging Voice*. The ASHA Leader. 2004; 9(19): 12-21.
14. Seeley R, Stephens T, et al. *Anatomia e Fisiologia*. Loures: Lusodidacta; 2005.

15. Spirduso W, Francis K, et al. *Physical Dimensions of Aging*. Champaign: Human Kinetics; 2005.
16. Schötz S. Acoustic Analysis of Adult Speaker Age. In: Müller C, editor. *Speaker Classification I*. Berlin / Heidelberg: Springer; 2007.
17. Huber J, Spruill J. Age-Related Changes to Speech Breathing with Increased Vocal Loudness. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2008; 51(3): 651-668.
18. Boone D, McFarlane S, et al. *The Voice and Voice Therapy*. Upper Saddle River: Pearson Education; 2010.
19. Mautner H. A Cross-System Instrumental Voice Profile of the Aging Voice: With Considerations of Jaw Posture Effects. Canterbury: University of Canterbury; 2011.
20. Hoit J, Hixon T, et al. Speech Breathing in Women. *J Speech Hear Res*. 1989; 32(2): 353-365.
21. Schötz S, Müller C. A Study of Acoustic Correlates of Speaker Age. In: Müller C, editor. *Speaker Classification II*. Berlin / Heidelberg: Springer; 2007.
22. Zemlin W. *Princípios de Anatomia e Fisiologia em Fonoaudiologia*. Porto Alegre: Artmed; 2002.
23. Hagen P, Lyons G, et al. Dysphonia in the Elderly: Diagnosis and Management of Age-Related Voice Changes. *Southern Medical Journal*. 1996; 89(2): 204-207.
24. Pontes P, Brasolotto A, et al. Glottic Characteristics and Voice Complaint in the Elderly. *Journal of Voice*. 2005; 19(1): 84-94.
25. Kendall K. Presbyphonia: A Review. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*. 2007; 15(3): 137-140.
26. Ma E, Love A. Electroglottographic Evaluation of Age and Gender Effects During Sustained Phonation and Connected Speech. *Journal of Voice*. 2010; 24(2): 146-152.
27. Arviso L, Johns III, M. The Aging Voice. *Jornal of ENT Masterclass*. 2009; 2(1): 44.
28. Madruga de Melo E, Lemos M, et al. Distribution of Collagen in the Lamina Propria of the Human Vocal Fold. *The Laryngoscope*. 2003; 113(12): 2187-2191.
29. Hirano S, Bless D, et al. Therapeutic Potential of Growth Factors for Aging Voice. *The Laryngoscope*. 2004; 114(12): 2161-2167.
30. Colton R, Casper J. *Compreendendo os Problemas de Voz: Uma Perspectiva Fisiológica ao Diagnóstico e ao Tratamento*. Porto Alegre: Artes Médicas; 1996.
31. Baker K, Ramig L, et al. Control of Vocal Loudness in Young and Old Adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2001; 44(2): 297-305.
32. Ferrand C. Harmonics-to-Noise Ratio: An Index of Vocal Aging. *Journal of Voice*. 2002; 16(4): 480-487.
33. Linville S. The Sound of Senescence. *Journal of Voice*. 1996; 10(2): 190-200.
34. Melcon M, Hoit J, et al. Age and Laryngeal Airway Resistance during Vowel Production. *J Speech Hear Disord*. 1989; 54(2): 282-286.
35. Mateus M, Falé I, et al. *Fonética e Fonologia do Português*. Lisboa: Universidade Aberta; 2005.
36. Fisher H, Linville S. Acoustic Characteristics of Women's Voices with Advancing Age. *Journal of Gerontology*. 1985; 40(3): 324-330.
37. Meyerson M. The Effects of Aging on Communication. *Journal of Gerontology*. 1976; 31(1): 29-38.
38. Hoit J, Watson P, et al. Age and Velopharyngeal Function During Speech Production. *J Speech Hear Res*. 1994; 37(2): 295-302.
39. Xue S, Hao G. Changes in the Human Vocal Tract Due to Aging and the Acoustic Correlates of Speech Production: A Pilot Study. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2003; 46(3): 689-701.
40. Rastatter M, Jacques R. Formant Frequency Structure of the Aging Male and Female Vocal Tract. *Folia Phoniatrica*. 1990; 42(6): 312-319.
41. Kent R. Vocal Tract Acoustics. *Journal of Voice*. 1993; 7(2): 97-117.
42. Hollien H, Shipp T. Speaking Fundamental Frequency and Chronologic Age in Males. *J Speech Hear Res*. 1972; 15(1): 155-159.
43. Ferreira D. *Aspectos Qualitativos e Quantitativos da Voz na Terceira Idade*. Mestrado em Distúrbios da Comunicação. Panamá: Universidade Tuiuti; 2007.
44. Torre III P, Barlow J. Age-related Changes in Acoustic Characteristics of Adult Speech. *Journal of Communication Disorders*. 2009; 42: 324-333.

45. Leeuw I, Mahieu H. Vocal Aging and the Impact on Daily Life: A Longitudinal Study. *Journal of Voice*. 2004; 18(2): 193-202. (2004).
46. Nishio M, Niimi S. Changes in Speaking Fundamental Frequency Characteristics with Aging. *Folia Phoniatica et Logopaedica*. 2008; 60(3): 120.
47. Xue S, Deliyiski D. Effects of Aging on Selected Acoustic Voice Parameters: Preliminary Normative Data and Educational Implications. *Educational Gerontology*. 2001; 27(2): 159-168.
48. Mifune E, Justino V, et al. Análise Acústica da Voz do Idoso: Caracterização da Frequência Fundamental. *Revista CEFAC*. 2007; 9: 238-247.
49. Ryan W. Acoustic Aspects of the Aging Voice. *Journal of Gerontology*. 1972 27(2): 265-268.
50. Kent R, Ball M. *Voice Quality Measurement*. San Diego: Singular Pub. Group; 2000.
51. Linville S, Rens J. Vocal Tract Resonance Analysis of Aging Voice Using Long-Term Average Spectra. *Journal of Voice*. 2001; 15(3): 323-330.
52. Watson P, Munson B. A Comparison of Vowel Acoustics between Older and Younger Adults. 16th International Congress of Phonetics Sciences. Saarbrücken; 2007.
53. Rocha P, Santos D. CETEMPúblico: Um Corpus de Grandes Dimensões de Linguagem Jornalística Portuguesa. V Encontro para o Processamento Computacional da Língua Portuguesa Escrita e Falada (PROPOR 2000). São Paulo; 2000.
54. Júdice A, Freitas J, et al. Elderly Speech Collection for Speech Recognition Based on Crowd Sourcing. DSAI 2010, DSAI Software Development for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion. Oxford; 2010.
55. Pellegrini T, Trancoso I, et al. Impact of Age in ASR for the Elderly: Preliminary Experiments in European Portuguese. IberSPEECH. Madrid; 2012.
56. Vipperla R, Renals S, et al. Ageing Voices: The Effect of Changes in Voice Parameters on ASR Performance. *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing*. 2010; 5.
57. (2012). Paelife. from <http://www.microsoft.com/portugal/mldc/paelife/>.



# Robô de Assistência no Domicílio

João Cunha<sup>1</sup>, Eurico Pedrosa<sup>2</sup>, Cristovão Cruz<sup>3</sup>, Nuno Lau<sup>1,2</sup>, António J. R. Neves<sup>1,2</sup>, Bernardo Cunha<sup>1,2</sup>, José Luís Azevedo<sup>1,2</sup>, Artur Pereira<sup>1,2</sup>, Ciro Martins<sup>1</sup>, António Teixeira<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Instituto de Telecomunicações - Pólo de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

## Introdução

No contexto *Ambient Assisted Living* (AAL), a introdução de uma plataforma robótica pode ser uma mais-valia, de modo a complementar e a melhorar as infraestruturas implantadas. Por exemplo, um robô pode ser um agente móvel de monitorização, adquirindo imagens de sítios que podem estar ocultos às eventuais câmaras fixas que possam existir num domicílio, ou ajudar a reduzir o sentimento de solidão que afeta tão frequentemente as pessoas idosas.

Neste sentido o desenvolvimento de um assistente robótico insere-se nas camadas infraestrutura e serviços *Living Usability Lab* (LUL) da arquitetura de desenvolvimento. Na camada infraestrutura insere-se a plataforma física do robô. Na camada serviços LUL são disponibilizados serviços de acesso aos diversos sensores e serviços mais sofis-

ticados como navegação inteligente ou interação humano-robô. Por outro lado, o assistente robótico pode também utilizar outros serviços do LUL para potenciar o seu desempenho. Um exemplo deste tipo de situação é a utilização dos serviços de sensores fixos do LUL para complementar a informação usada para navegação. Um outro exemplo seria a utilização dos serviços de multimodalidade para melhorar a interação humano-robô.

Para que fosse possível integrar um assistente robótico no LUL foi desenvolvido um conjunto de algoritmos e aplicações que permitem a navegação em ambientes interiores não estruturados de um robô de serviço, usando uma câmara de profundidade, e a sua interação natural com os humanos. Estas aplicações baseiam-se no trabalho da equipa de futebol *Cooperative Autonomous Mobile roBots with Advanced Distributed Architecture* (CAMBADA) [1], com as devidas

alterações, tanto a nível de *hardware*, como a nível de *software*, aplicando a experiência ganha no ambiente de futebol robótico.

Concretamente, o capítulo apresenta um algoritmo de localização em ambientes interiores, eficiente e rápido, baseado nas metodologias de localização usadas no ambiente de futebol robótico, adaptadas ao uso de uma câmara de profundidade. O capítulo apresenta também técnicas de navegação e interação desenvolvidas para este assistente robótico.

## Robôs de Serviço para Assistência Doméstica

Desde a criação dos primeiros robôs, os investigadores tentam integrá-los no dia a dia das nossas vidas. Em particular, a assistência doméstica tem sido um cenário mobilizador de investigação na área. Aos robôs é esperado que efetuem tarefas diárias num domicílio. Todos nós nos conseguimos lembrar de vários exemplos da ficção científica como, por exemplo, o famoso robô doméstico dos *Jetson*, a *Rosie*.

Enquanto algumas formas simples de robôs domésticos, tais como o aspirador de pó, estão cada vez mais presentes no nosso quotidiano, os robôs projetados para o cuidado humano não estão ainda amplamente disponíveis. No entanto, um grande número de robôs deste tipo tem vindo a ser desenvolvido pela academia e por grupos privados de investigação. Os resultados e conhecimentos obtidos através da investigação realizada nas áreas de reconhecimento facial, reconhecimento de voz, fusão sensorial, navegação, manipulação, interação humano-robô ou outras áreas de inteligência artificial irão, sem dúvida, moldar os robôs de serviços do futuro.

De seguida, destacam-se alguns robôs:

- *Asimo*, desenvolvido pela *Honda*, é um dos robôs humanoides mais avançados do mundo. Projetado para ser um robô para todos os fins, ele tem a capacidade de executar tarefas de auxílio, tais como transportar e entregar objetos empurrando um carrinho num ambiente interior [2].
- *Care-O-Bot* é um robô avançado de assistência doméstica desenvolvido pelo *Fraunhofer Institute*. Está equipado com um braço robótico, o que lhe permite executar tarefas de manipulação tais como abrir portas e servir bebidas. O robô está a ser experimentalmente aplicado em instalações de apoio a pessoas idosas [3].
- *Flo and Pearl* são dois robôs desenvolvidos no âmbito do projeto *Nursebot* [4]. Ambos foram desenhados com o propósito de oferecerem assistência a pessoas idosas em ambientes domésticos. *Pearl*, mais recente que *Flo*, tem a capacidade adicional de apresentar lembretes com atividades diárias.
- PR2, de *Personal Robot 2*, é um robô móvel avançado desenvolvido pela *Willow Garage*. Tem a capacidade de criar um mapa a três dimensões do ambiente que o envolve [5]. Esta capacidade é muito importante dado que, por exemplo, mesas e gavetas abertas são objetos comuns num domicílio, mas passam muitas vezes despercebidos no mapa tradicional a duas dimensões. O PR2 consegue executar tarefas complexas de manipulação tais como abrir uma porta fechada, retirar uma bebida de dentro de um frigorífico ou ligar-se a uma tomada elétrica para recarregar as suas baterias [6], obtendo assim um maior grau de autonomia.
- *Riba* é um robô desenvolvido no Japão pelo *Japan's Institute of Physical and Che-*

*mical Research* (RIKEN) e pela *Tokai Rubber Industries, Ltd.* Riba é o primeiro robô com a capacidade de transferir um ser humano de uma cama para uma cadeira de rodas [7].

- *Wakamaru* é um robô de serviço criado pela *Mitsubishi* e é capaz de interações avançadas com humanos que incluem o reconhecimento de faces humanas e a detecção e adaptação a alterações no ambiente.

Mataric *et al.* [8] mostram que em cenário de reabilitação os robôs são bem recebidos e têm um impacto positivo na disponibilidade para executar os exercícios prescritos. Além disso, a presença física do robô produz uma melhor resposta do que a obtida usando um robô simulado ou através de telereabilitação. No entanto, robôs projetados para o auxílio a pessoas idosas devem seguir regras cuidadas de forma a serem aceites por esse segmento da população. Alguns investigadores mostraram que as pessoas idosas preferem robôs com cores suaves e de tamanhos médios (cerca de 1.24m de altura) [9]. Curiosamente, o mesmo estudo demonstrou que as pessoas idosas preferem um robô com rodas a um robô com pernas. Pode-se argumentar que as pessoas idosas são mais suscetíveis ao efeito *uncanny valley* [10], o que pode justificar a preferência de uma aparência menos humana.

Embora a forma física possa influenciar a aceitação do robô, as suas capacidades de interação e competências sociais podem ultrapassar o fator da aparência [11]. Por outro lado, não é recomendada a criação de um robô socialmente tão avançado quanto possível. Em geral, o robô deve corresponder às expectativas dos humanos e aos requisitos da aplicação [12].

O facto de um grande número de robôs de serviço para assistência doméstica ter

sido proposto nas últimas duas décadas e nenhuma aplicação comercial ter ainda chegado ao público significa que o problema permanece em parte sem solução até hoje. Adicionalmente, são ainda necessários desenvolvimentos tecnológicos, nomeadamente em termos de perceção ambiental, localização interior e navegação robótica.

## Perceção Ambiental

Os trabalhos atuais em perceção ambiental baseada em sensores de profundidade estão centrados em sensores *laser range finder* (um sensor que, com um *laser* rotativo, tem a capacidade de medir distâncias num plano a duas dimensões) e câmaras estereoscópicas. Estas abordagens ou são lentas, como é o caso da detecção em três dimensões baseado em *laser range finder* [13], ou computacionalmente intensivas, como é o caso do sistema de visão estereoscópica [14].

O sensor de profundidade *Kinect* apresenta-se como uma solução rápida e de alta resolução para a detecção de profundidade, ao mesmo tempo que é consideravelmente mais barato que as referidas alternativas [15]. Este sensor, desenvolvido pela *Microsoft* para aplicações de entretenimento para a consola *Xbox 360*, acabou por ser amplamente adotado para aplicações em robótica. O sensor tem a capacidade de capturar uma imagem *Red, Green and Blue* (RGB), um sensor de profundidade que permite obter uma representação a três dimensões do ambiente que o rodeia, e um microfone para a captura de voz.

## Localização Interior

A localização interior de robôs móveis tem sido referida como 'o problema fundamental

para habilitar um robô móvel com capacidades autónomas' [16].

A localização robótica tem sido objeto de pesquisa ativa nas últimas décadas. Em geral, os algoritmos do estado da arte em localização partilham a característica de representarem as diferentes hipóteses relativas às posições do robô (crença) através de uma distribuição probabilística [17].

As abordagens desenvolvidas podem ser divididas em duas metodologias de localização: *markoviana* e *gaussiana*. Um exemplo clássico, e de grande sucesso, de aplicação da localização *markoviana* é o *Minerva* [18], um robô guia de um museu com a capacidade de navegar com sucesso num ambiente lotado de pessoas. Um exemplo de localização *gaussiana* é a aplicação do filtro *Kalman* [19]. O filtro *Kalman* é um método eficiente para o rastreamento da posição de robôs. No entanto, este assume um ruído *gaussiano* e modelos de movimento lineares. Extensões ao algoritmo clássico do filtro *Kalman*, tais como o filtro *Kalman* estendido, são amplamente utilizados para relaxar as hipóteses assumidas. Dado que um filtro *Kalman* apenas representa uma distribuição probabilística unimodal, um método comum é utilizar um filtro *multi-hypothesis tracking* que representa as diferentes hipóteses do estado interno por um conjunto de *gaussianas* [17].

Outra abordagem bem estabelecida é a aplicação de um filtro de partículas em combinação com um modelo de movimento, também conhecido por localização Monte Carlo [19]. A crença interna é representada por um conjunto de partículas (hipóteses) que são amostradas aleatoriamente tendo em conta o ambiente. Embora mais recente que outras abordagens, a localização Monte Carlo tornou-se um dos algoritmos mais populares na robótica. Isto deve-se ao facto de que a localização Monte Carlo consegue aproximar qualquer distribuição probabilís-

tica. Esta é uma vantagem evidente na presença de topologias ambíguas ou inexpressivas.

## Navegação Robótica

Em robótica, certas tarefas requerem que o robô navegue em ambientes internos. Tradicionalmente, assume-se que o ambiente é estático e todos os objetos são rígidos [20]. Uma abordagem deliberativa neste tipo de ambiente é, por exemplo, a decomposição por células [20] recorrendo a algoritmos de planeamento como o algoritmo  $A^*$  para calcular o caminho mais curto ou seguro a percorrer. No entanto, um ambiente doméstico interno tem uma natureza intrinsecamente dinâmica e complexa que não pode ser resolvida com a abordagem anterior. Como alternativa, uma abordagem reativa reage aos estímulos dos sensores para gerar o comportamento adequado. Um exemplo é a utilização do método de campo potencial para o planeamento local como método de desvio de obstáculos [21]. No entanto, este método é sujeito a mínimos locais, um problema bem conhecido na navegação reativa. Este problema pode ser solucionado por meio da deteção de situações armadilha e do recálculo do plano de navegação com a nova informação [22].

Outra prática comum é a combinação do planeamento global com o local, tal como no trabalho apresentado por Koenig e Likhachev [23]. Inicialmente, é calculado o caminho mais curto entre dois pontos e, à medida que navega por regiões desconhecidas do ambiente, ajusta-se o plano de acordo com o ambiente percebido. Como consequência, o desvio de obstáculos resulta naturalmente do planeamento incremental.

## Arquitetura do Sistema Robótico

A plataforma robótica utilizada é baseada numa plataforma de futebol robótico. A estrutura física é construída sobre uma abordagem modular composta por três camadas (ver imagem da Figura 13.1).

A camada inferior adota um sistema com quatro motores que impulsionam um conjunto simétrico de rodas omnidirecionais que asseguram uma solução de movimento estável e versátil. Esta camada, composta por uma estrutura mecânica tipo sanduíche, suporta também três baterias *Li-Po*, todo o *hardware* de controlo de baixo nível (que adota uma abordagem distribuída através da rede *Controller Area Network - CAN*), e um *laser range finder* (apesar de este sensor não ter sido usado no trabalho apresentado, ele pode ser utilizado no futuro como complemento ao sensor *Kinect* para recolher informação sobre o meio envolvente). A parte superior da sanduíche alberga um *Laptop* na parte de trás e ainda tem espaço para outros equipamentos tais como um comutador para a criação de uma rede local no robô. Esta abordagem coloca o centro de gravidade próximo do chão, o que oferece uma maior estabilidade ao robô.

A segunda camada, que pode ser movida para cima e para baixo por meio de um atuador linear, representa o tronco do robô. O atuador linear permite um movimento de 0,45m a uma taxa de 0,005m/s. No ponto mais baixo do atuador o robô tem 0,95m de altura e no ponto mais alto tem 1,40m. Esta camada contém um altifalante, um microfone multidirecional e suporte para um conjunto de dois motores que irão controlar dois braços robóticos antropomórficos (ainda em construção).

Na parte superior do tronco, uma terceira camada é desenvolvida sobre uma estrutura com rotação vertical e horizon-



Figura 13.1 - O assistente robótico.

tal que segura um sensor *Kinect*, o sistema de visão, que representa simbolicamente a cabeça do robô.

Seguindo a abordagem do *hardware*, o *software* é também uma solução distribuída. Por conseguinte, cinco processos diferentes são executados concorrentemente. Todos os processos são executados no sistema de processamento do robô suportado pelo sistema operativo *Linux*.

A comunicação entre processos é suportada pela *Real Time DataBase (RTDB)* [1] que é implementada com memória partilhada. A RTDB está dividida em duas regiões, a local e a partilhada. A região local permite a comunicação entre os processos a executar no robô. A região partilhada implementa um paradigma de comunicação por *blackboard*

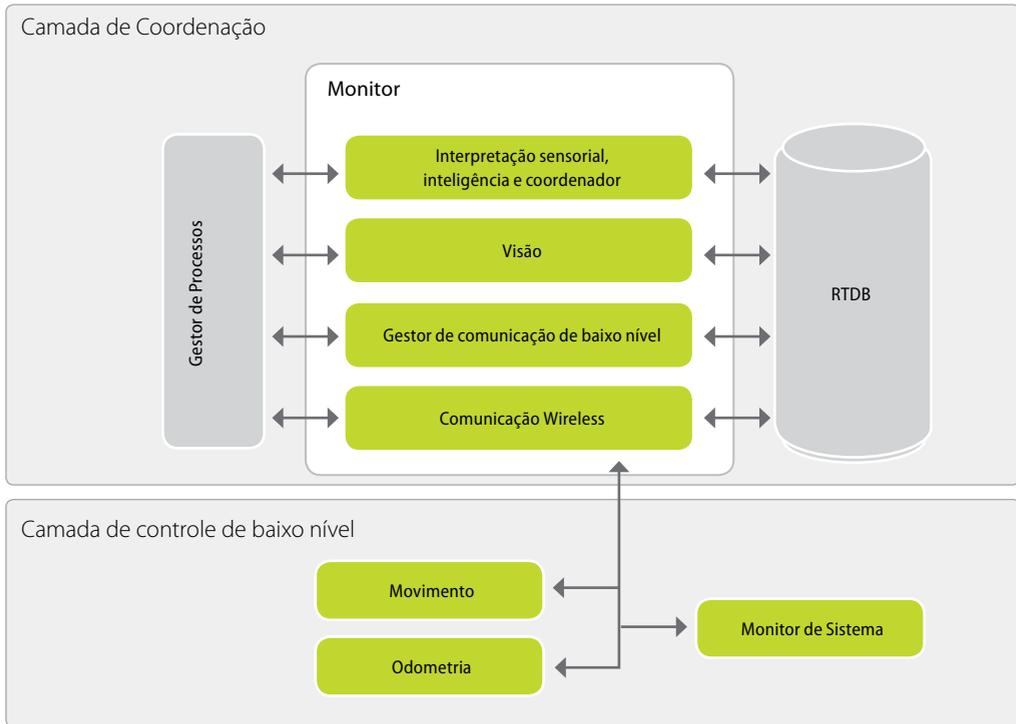


Figura 13.2 - Arquitetura de software do robô.

e permite a comunicação entre processos a executar em robôs diferentes. A região partilhada da RTDB é atualizada seguindo uma política de difusão adaptativa que minimiza atrasos e colisão de pacotes [1].

Os processos que compõem o *software* do robô do LUL são os seguintes (Figura 13.2):

- **Visão.** É responsável por adquirir dados visuais do sensor *Kinect* e deles extrair informação relevante que, neste contexto, significa a posição das paredes e dos obstáculos.
- **Interpretação sensorial, inteligência e coordenação.** É o processo que integra toda a informação sensorial e constrói o estado interno do ambiente exterior. O agente decide então os comandos a

serem aplicados, com base na percepção do estado do ambiente externo. Engloba as fases de localização e navegação.

- **Comunicação sem fios.** Trata da comunicação entre robôs, recebendo a informação compartilhada pelos outros robôs e transmitindo os dados da região partilhada da RTDB. Permite também a troca de informação com uma estação de controlo.
- **Comunicação de baixo nível.** É um processo de comunicação de *hardware* responsável pela transmissão de dados de e para o sistema de atuadores e sensores de baixo nível.
- **Monitor.** Verifica o estado dos outros processos concorrentes, relançando-os em caso de falha anormal.

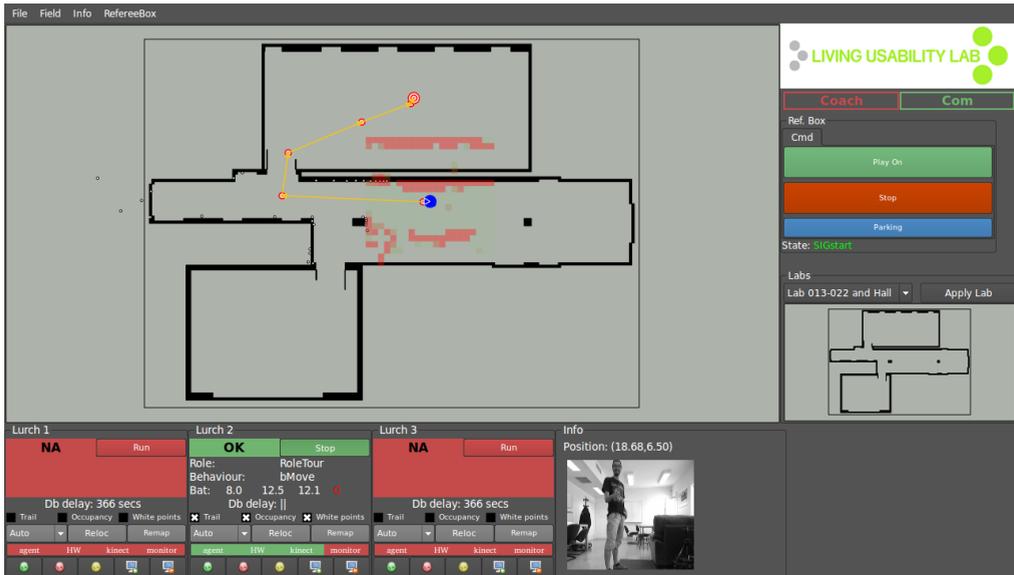


Figura 13.3 - *Basestation*. A *basestation* está dividida em 3 painéis. O painel de baixo mostra o estado do robô. O painel central mostra a planta do ambiente e a posição estimada pelo robô. O painel da direita contém a informação de controlo do robô.

Dadas as limitações de tempo real do sistema, todo o processo de agendamento é feito por uma biblioteca desenvolvida especificamente para a tarefa, o *Process Manager* [1].

Nas próximas secções vão ser descritos os componentes principais da arquitetura apresentada, ou seja, a estação de monitorização e os módulos percepção, localização, navegação e interação humano-robô.

### Estação de Monitorização

A estação de monitorização, também conhecida por *basestation*, tem um papel determinante, tanto durante o desenvolvimento das capacidades de um robô de serviço, como durante a sua aplicação. A *basestation* é uma versão adaptada da que é utilizada no futebol robótico [1] tendo em consideração um conjunto de requisitos relacionados com o

desenvolvimento de um robô de serviço para assistência doméstica.

A aplicação *basestation* oferece um conjunto de ferramentas de controlo e monitorização do robô. No que respeita à atividade de controlo, esta aplicação oferece controlo de alto nível sobre o robô, enviando comandos básicos como executar, parar e regressar à estação de carregamento. A aplicação permite também a monitorização do estado interno do robô, nomeadamente do estado das baterias, do papel atual e comportamento em execução, da localização do robô no ambiente, do ponto de destino atual ou do caminho percorrido. Além disso, esta aplicação fornece um mecanismo que pode ser utilizado para impor um comportamento específico ao robô, para fins de depuração.

Um recurso que foi adicionado à *basestation* está relacionado com o papel de monitorização que um robô deve realizar num cenário de assistência a pessoas ido-

sas. Durante execução o robô envia fluxos de imagens a cores, capturadas pelo *Kinect*, para a base station a uma cadência de 1Hz. Estas imagens podem ser vistas na parte inferior da Figura 13.3.

### Percepção

Os seres humanos dependem da visão ou de abstrações visuais para reconhecer, racionar e manipular o ambiente em seu redor. É, portanto, lógico dotar os agentes artificiais de sistemas de visão com capacidades semelhantes ao sistema visual humano.

O subsistema de visão do robô é constituído por um único sensor de profundidade, o *Kinect*, fixado no topo do robô. Este é acessado através da biblioteca *libfreenect*, que contém o *driver* e uma *interface* simples de acesso aos dados do *Kinect*, e proporciona uma visão do ambiente exterior a cores e em profundidade. Com a informação de profundidade, é criado um modelo métrico

tridimensional do meio envolvente. Usando este modelo são extraídas as características relevantes do meio envolvente para efeitos de localização e navegação, nomeadamente paredes e obstáculos. Os métodos propostos consideram que a posição da câmara relativamente ao plano do chão permanece constante, parâmetro que é determinado aquando da calibração do sistema.

Tanto a deteção de paredes como de obstáculos são realizadas usando unicamente a imagem de profundidade, composta por uma grelha de 640x480 píxeis. Esta imagem é subamostrada por um fator de cinco em ambas as direções, resultando numa imagem reduzida de 128x96 píxeis, que contém informação suficiente para a deteção de obstáculos e paredes. A decisão de utilizar um subconjunto da informação disponível prende-se com o objetivo de criar métodos eficientes, com tempos de execução reduzidos para facilitar desenvolvimentos futuros.

A abordagem aqui apresentada para a deteção de paredes é baseada no método



Figura 13.4 - Imagem capturada pela câmara de profundidade.

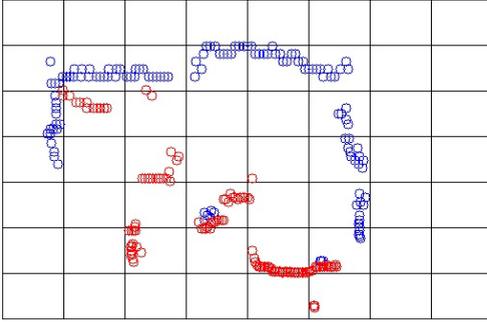


Figura 13.5 - A visão bidimensional da informação extraída da câmara de profundidade. Os pontos azuis são paredes e os vermelhos são obstáculos. O robô está colocado no centro em baixo.

*wall without contradiction* [24]. Embora a abordagem usada seja simplificada, a ideia central permanece a mesma, ou seja, uma parede é uma parede apenas quando o robô não pode ‘ver’ para além dela.

Uma parede é uma estrutura que delimita uma divisão. É opaca e liga o chão ao teto. Com esta simples definição em mente, a abordagem desenvolvida seleciona todos os pontos da imagem de profundidade com altura inferior ao teto, e realiza uma pesquisa pelas colunas da imagem, extraindo o ponto mais distante do robô a cada coluna. Os pontos obtidos são então utilizados em fases posteriores de processamento para efeitos de localização do robô.

Um obstáculo é um volume com o qual o robô pode colidir. O método de deteção de obstáculos é semelhante ao método de deteção de paredes. Para detetar obstáculos são ignorados pontos acima da altura do robô e pontos pertencentes ao chão. Um ponto é considerado como pertencente ao chão se a sua altura for inferior a um limiar pré-definido, um método simples que, no entanto, se revelou suficiente para fazer face ao ruído. À semelhança da deteção de paredes, é realizada uma pesquisa por todas as colunas extraindo, neste caso, o ponto mais próximo.

No final deste processo, são obtidos 128 pontos que são utilizados para atualizar o mapa de ocupação do robô.

Os algoritmos usados processam as imagens capturadas pela câmara de profundidade do *Kinect* e extraem as paredes e obstáculos visíveis. Usando apenas a informação de profundidade o agente robótico é capaz de detetar paredes e obstáculos sem ter de realizar calibração das cores e sem ser suscetível às condições de iluminação do ambiente, como se pode ver nas Figuras 13.4 e 13.5.

### Localização

Para localização interior foi adaptado com sucesso o algoritmo de localização usado para estimar a posição de um robô num campo futebol robótico. Este algoritmo foi inicialmente proposto pela equipa *Brainstormers Tribots* [25] da liga de futebol robótico de tamanho médio do *RoboCup*.

O algoritmo original, adaptado à localização num campo de futebol, começa por construir uma *Lookup Table* (LUT) usando o mapa do campo. A LUT é uma estrutura de dados em grelha, onde o valor de cada célula representa a distância à linha branca do campo mais próxima. O gradiente dos valores da LUT indica a direção à linha mais próxima. O robô deteta a posição relativa das linhas por processamento de imagem e tenta encontrar a melhor correspondência entre as linhas que detetou no campo e o mapa do campo representado pela LUT. Dada uma posição do robô, obtida através da atualização da estimativa anterior usando a odometria (o deslocamento do robô no espaço medido através de sensores nos motores do robô) do ciclo de controlo atual, o robô calcula o erro de correspondência e o seu gradiente, utilizando essa informação para melhorar a correspondência através de um

método de otimização baseado na descida de gradiente e no algoritmo *Resilient PRO-Propagation* (RPROP) [26]. Após o processo de otimização, a posição do robô assim obtida é integrada com os dados da odometria usando um filtro *Kalman* para refinar a estimativa da posição do robô.

Para aplicar o método anteriormente descrito num ambiente interior, o conceito linha do campo de futebol foi substituído pelo conceito parede. Numa fase inicial, dado o mapa do ambiente, normalmente baseado na planta do edifício, é criada uma lista de LUT que contém todas as possíveis configurações de paredes visíveis em diferentes posições do robô. Testando uma grelha de pontos sobre o mapa, uma nova LUT é criada e adicionada à lista quando uma nova configuração de paredes visíveis é encontrada. À medida que o robô navega pelo ambiente, ele carrega a LUT correspondente à sua posição, que deverá consistir nas paredes visíveis naquela parte do mapa, como ilustrado na Figura 13.6.

A necessidade de usar uma lista de LUT em vez de uma única LUT, como no caso do futebol robótico, deve-se ao problema de paragem em mínimos locais inerente aos algoritmos de descida de gradiente. Dado que as paredes num ambiente doméstico possuem uma altura associada que, naturalmente, é superior à altura do robô, num determinado ponto no ambiente existirá sempre um conjunto de paredes fora da linha de vista do robô. Este cenário não ocorre no futebol robótico onde todas as linhas do campo pertencem ao mesmo plano sendo sempre visíveis, exceto por oclusão dos outros robôs. A utilização de uma única LUT num ambiente doméstico poderia levar a que paredes detetadas na imagem de profundidade fizessem correspondência com paredes não visíveis, a partir da posição atual do robô, resultando em

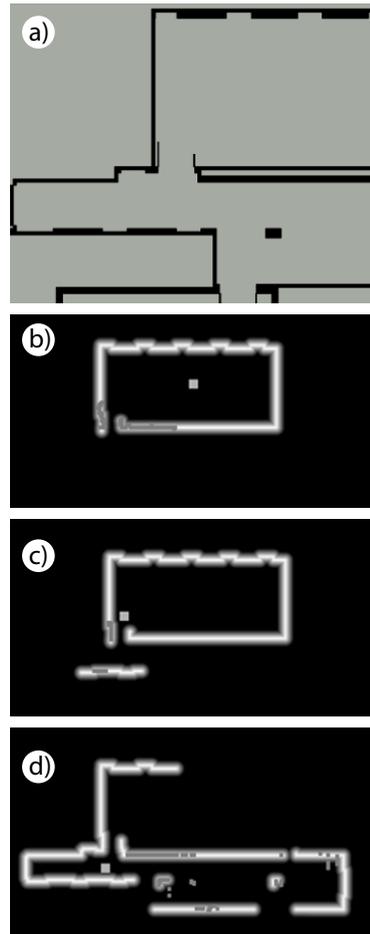


Figura 13.6 - O algoritmo de localização do robô LUL: a) planta conhecida do ambiente b), c) e d) várias LUT utilizadas quando o robô se encontra em posições distintas.

erros de localização.

O método descrito anteriormente não resolve o problema da localização inicial. Este é resolvido aplicando o processo de otimização em diferentes posições do mapa. De modo a reduzir o espaço de pesquisa da localização inicial, a orientação inicial do robô é dada por uma bússola digital. A localização inicial é então obtida pela posição com o menor erro associado, após o processo de otimização descrito anteriormente.

## Navegação

Na tarefa de navegação, o agente robótico recebe uma sequência de pontos alvo a visitar. Quando o robô chega a um ponto alvo, decompõe o caminho que o separa do próximo ponto alvo num conjunto de pontos intermédios. Para atingir o próximo ponto alvo, o robô desloca-se então em linha reta entre os pontos intermédios. Este conjunto de pontos intermédios é designado de plano de navegação.

O plano de navegação é calculado por um algoritmo de planeamento suportado por um mapa de ocupação probabilístico do ambiente. Dada a natureza dinâmica de um ambiente interior o agente robótico aplica o algoritmo *D\* Lite* [27], um algoritmo de planeamento incremental que evita replaneamento face a alterações ao ambiente. Deste modo o desvio de obstáculo é obtido com base apenas em planeamento incremental.

A representação do ambiente num mapa de ocupação é implementada através da biblioteca *OctoMap* [27]. Apesar de esta biblioteca permitir representar mapas de ocupação a três dimensões, os pontos de obstáculos detetados, pelos métodos descri-

tos na secção *Percepção Ambiental* deste capítulo, são projetados no plano do chão, construindo assim um mapa de ocupação a duas dimensões. Dado o campo de visão limitado do *Kinect* e a sua posição no robô, a atualização do mapa de ocupação requer especial atenção. Isto porque numa área em torno do robô o chão não é visível. Quando um obstáculo detetado se encontra nessa área apenas a célula correspondente no mapa de ocupação é atualizada. Por outro lado, se um obstáculo se encontra para lá da zona onde o robô vê o chão, é traçado um raio desde o ponto onde o chão passa a ser visível até ao obstáculo, sendo que ao longo deste raio o mapa de ocupação é atualizado como livre. A Figura 13.7 mostra uma representação visual do método descrito.

## Interação Humano-Robô

O discurso falado é uma forma natural - possivelmente a mais natural - de controlar e processar interações humano-robô e apresenta algumas vantagens importantes: olhos e mãos livres, comunicação à distância (mesmo sem linha de visão) e não

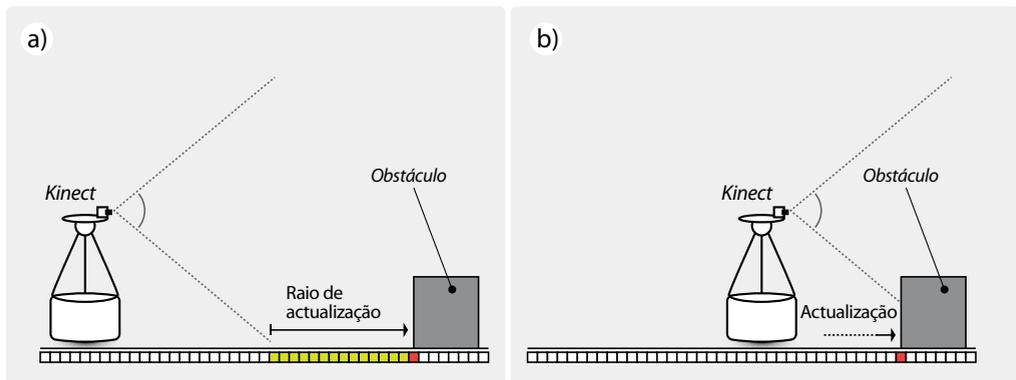


Figura 13.7 - Política aplicada para obter o mapa de ocupação; a) o obstáculo encontra-se para lá do ponto em que o Kinect vê o chão (apenas os nodos entre este ponto e o objeto são atualizados); b) obstáculos na zona cega do Kinect (apenas os nodos correspondentes à posição do objeto são atualizados).

requer aprendizagem adicional para os seres humanos.

No robô de serviço para assistência doméstica foram integrados três componentes de processamento de linguagem natural: um componente de reconhecimento automático de voz para processar os pedidos de um ser humano (em forma de comandos, com frases de tamanho reduzido), um componente de texto-para-voz para gerar respostas mais naturais do lado do robô e um quadro semântico, ou seja, um gestor de diálogos que controla como os outros dois componentes trabalham em conjunto.

Os requisitos para este sistema de voz e linguagem natural provêm de cenários do LUL. Um exemplo de um cenário é a tarefa ‘Segue-me’, no qual é pedido ao robô que siga o seu operador. Neste caso, são necessárias duas frases de comando: ‘[Nome do robô] segue-me’ e ‘[Nome do robô] para de me seguir’.

De acordo com o cenário apresentado, os requisitos para o sistema de interação baseado em voz são os seguintes:

- O componente de reconhecimento de voz deve ser independente do locutor, ter um vocabulário pequeno, ser dependente do contexto e robusto à existência de ruído no ambiente.
- A saída de voz deve ser inteligível com um tom natural.
- O componente de gestão de diálogo deve ser de iniciativa mista, permitindo que tanto o robô como o utilizador iniciem o diálogo, o fornecimento ou pedido de ajuda, se nenhuma ação é recebida ou é incorreta, ou pedidos de confirmação em casos de ações irreversíveis.

O reconhecimento de voz é feito através do uso do *CMUSphinx*, um conjunto de ferramentas para o reconhecimento de voz criado na Universidade *Carnegie Mellon*. Para o efeito, foi criada uma gramática espe-

cífica para interação por comandos predefinidos com cada frase precedida por um prefixo, o nome do robô.

A saída de voz do robô é suportada por um dispositivo externo de saída áudio (altifalantes), alimentado pelo sistema de síntese áudio da *Microsoft*, o *Microsoft Speech SDK*.

Estas ferramentas são integradas na *framework Olympus* [28], desenvolvida na Universidade *Carnegie Mellon*, que implementa um sistema de interação baseado em voz independente do domínio. Esta *framework* fornece o gestor de diálogo *Ravenclaw* [29] que interage com a arquitetura de *software* do robô para realizar tarefas predefinidas.

## Resultados

Usando a abordagem descrita anteriormente o robô navega sem problemas num ambiente tipo escritório com as dimensões de 15mX20m. Este ambiente inclui duas salas ligadas através de um longo corredor. O robô demonstrou também ser capaz de navegar de forma autónoma num apartamento mobilado constituído por um quarto de dormir, uma casa de banho e uma sala de estar com uma pequena zona de cozinha, perfazendo uma área total de 140 m<sup>2</sup>.

O robô consegue localizar-se nestes ambientes considerando apenas a informação sobre as paredes detetadas usando o sensor de profundidade tridimensional do *Kinect* e os algoritmos descritos anteriormente, mesmo nos quartos e corredores compridos, onde as paredes detetadas se encontram a distâncias consideráveis, o que aumenta o ruído das medidas do *Kinect*. Embora esta abordagem se tenha revelado robusta, podem surgir problemas quando algo impede o robô de detetar as paredes, como, por exemplo, quando uma pessoa se desloca para a frente do robô. Este tipo de

situações podem levar o algoritmo de descida de gradiente a perder a localização do robô, pois o obstáculo que esconde as paredes, pode, ele próprio, ser detetado como uma parede falsa.

A Figura 13.8 apresenta um mapa de ocupação tridimensional do corredor e do ambiente tipo escritório. Este mapa foi obtido através da integração no tempo de todas as profundidades detetadas pelo *Kinect* enquanto o robô navegava pelo ambiente. Nesta experiência o robô autocaliza-se usando a abordagem descrita na secção Localização Interior deste capítulo. Conhecendo a sua posição e orientação, o robô integra as medidas de profundidade tridimensional do *Kinect* usando a biblioteca *OctoMap* [30]. O mapa de ocupação resultante, que é muito idêntico ao espaço físico

real do ambiente em que o robô navegou, é uma indicação clara de que o robô se manteve bem localizado, usando a abordagem descrita anteriormente, enquanto se movimentava no espaço disponível.

Usando a capacidade do robô de se auto localizar no ambiente, o utilizador pode indicar ao robô um conjunto de objetivos, na forma de posições que o robô deve visitar. Assim, um objetivo será definido através de um par  $(x,y)$  representando a posição que o robô deve atingir em coordenadas cartesianas. Usando os obstáculos detetados pela câmara de profundidade *Kinect* é realizado o planeamento do caminho a seguir desde a posição atual do robô até atingir o objetivo definido. Através desta abordagem, o robô pode navegar com sucesso até vários objetivos pré-definidos, evitando os obstáculos

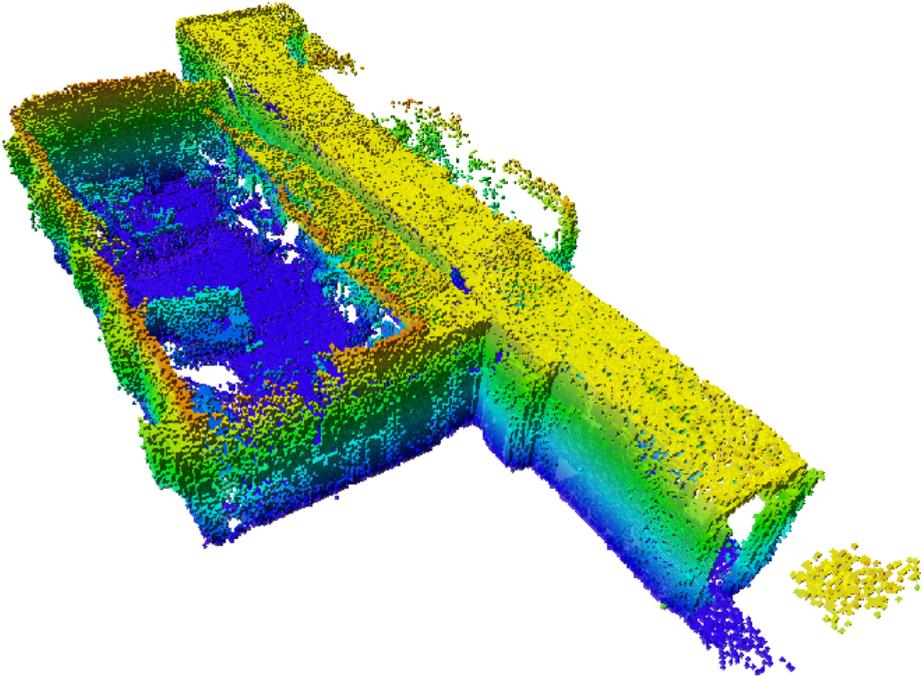


Figura 13.8 - Mapa de ocupação tridimensional de um corredor e laboratório do edifício Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro usando informação da câmara de profundidade do *Kinect*.

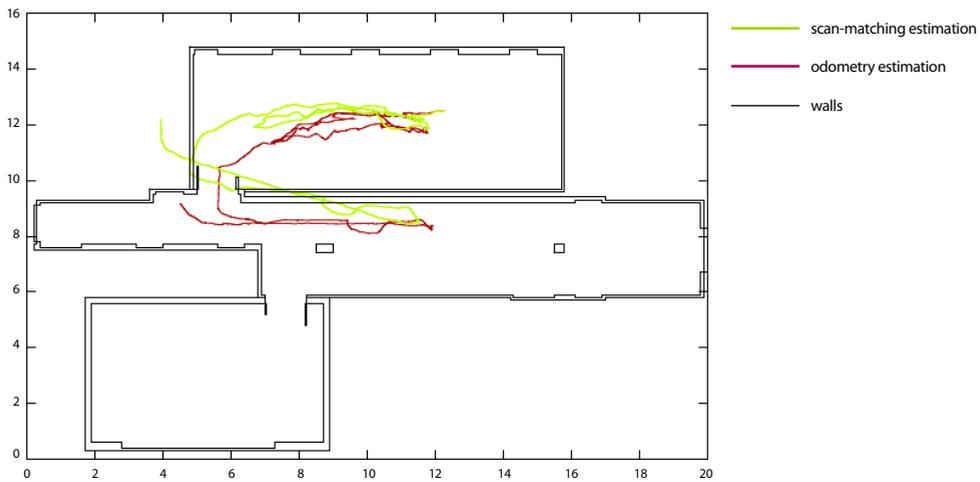


Figura 13.9 - Comparação da pose do robô estimada usando apenas odometria e a pose estimada.

que lhe podem aparecer no caminho.

A Figura 13.9 apresenta a comparação entre a estimação da posição do robô usando o algoritmo proposto (baseado em correspondências) anteriormente apresentado, e usando apenas a odometria do robô. O robô inicia o movimento aproximadamente na posição (12.0,13.0) e navega em várias direções na sala grande até que deteta o local da saída, nessa altura ele passa para o corredor e vai até meio do corredor, e, finalmente, move-se para a entrada que fica a seguir à sala inicial. Pode-se observar que a estimativa do caminho usando apenas a odometria não é válida, uma vez que esta atravessa paredes do ambiente. Ao contrário, a aproximação proposta consegue estimar a localização do robô e combinada com os métodos de navegação, descritos na secção *Navegação Robótica* deste capítulo, permite ao robô uma navegação segura neste ambiente.

Com o recurso a um computador com um processador *Intel Core i3* a 2.40GHz com 2GB de memória foi determinado experi-

mentalmente o tempo médio de computação gasto nas várias fases de processamento do agente robótico: percepção - 3ms; mapeamento - 1ms; localização - 2ms; e planeamento da trajetória - 1ms.

Os reduzidos tempos de computação demonstram que o sistema descrito anteriormente pode ser executado em tempo real nos processadores atualmente existentes. Estes tempos permitem também que se adicionem, sem necessidade de acrescentar poder computacional ao sistema, novos módulos ao robô atualmente existentes, tais como modos avançados de interação humano-robô, mapeamento semântico ou exploração. O processo inicial de amostragem dos dados do *Kinect* tem uma contribuição importante para os pequenos tempos de execução documentados pelas experiências. Destas experiências podem retirar-se as conclusões de que embora, por um lado, se esteja a ignorar uma grande quantidade de informação disponibilizada pelo *Kinect*, por outro lado, através do processamento cui-

dado da informação utilizada, os métodos descritos anteriormente permitem a extração da informação relevante e o robô consegue localizar-se e navegar em ambientes interiores e não estruturados.

Considerando os resultados positivos obtidos, foi decidido levar este robô a participar na competição *RoboCup@Home*, pois esta competição representa uma oportunidade para testar as abordagens propostas num ambiente complexo e a comparação do seu desempenho com o de outros robôs de serviço a nível mundial. O trabalho apresentado neste capítulo foi aplicado em três competições *RoboCup: RoboCup 2011; RoboCup Dutch Open 2012 e RoboCup 2012*, tendo a equipa ficado classificada em 19º, 4º e 10º, respetivamente. A melhoria do desempenho nas competições mundiais do *RoboCup* deve ser realçada. A alteração do 19º para o 10º lugar deve-se, em grande medida, à maturidade alcançada pelos módulos de navegação. De facto, os métodos de localização foram apresentados no âmbito do *Free Challenge*, da competição *RoboCup@Home*, onde obtiveram uma muito boa aceitação, demonstrando a necessidade de métodos de localização rápidos na comunidade do *RoboCup@Home*.

## Conclusão

Este capítulo apresenta uma abordagem para fornecer a um robô móvel a capacidade de se localizar e navegar em ambientes interiores e interagir de forma natural com humanos. Para o desenvolvimento desta abordagem foi essencial a experiência adquirida na equipa de futebol robótico CAMBADA, assim como a estrutura modular do *software* desta equipa.

Embora os ambientes do interior de um domicílio e do futebol robótico (liga dos médios) possam parecer muito distintos, este

trabalho demonstra que a partilha de conhecimento entre os dois pode ocorrer com naturalidade, especialmente no que diz respeito à navegação e localização do robô, onde ambos precisam de métodos rápidos e eficientes.

O capítulo apresenta as necessárias adaptações que permitiram a uma plataforma robótica móvel adaptar-se ao contexto do LUL. Foi apresentada uma abordagem para a localização e navegação em ambientes interiores usando apenas uma câmara *Kinect*. Esta abordagem é baseada no conhecimento prévio de um mapa em que estão assinaladas as paredes do ambiente. A abordagem é robusta, mesmo quando em presença de objetos altos, tais como pessoas, que podem tapar as paredes. Além disso, a abordagem usa o algoritmo *D\* Lite*, um algoritmo de planeamento de caminhos incremental. Esta metodologia permite ao robô navegar na presença de obstáculos dinâmicos e adaptar o plano às alterações que o ambiente vai tendo. Esta técnica evita a necessidade de replaneamento global sempre que há alguma alteração no ambiente. Foi também apresentado o modo como foi integrado no robô um gestor de diálogos que permite que este reconheça frases simples do utilizador e responda a essas frases, eventualmente solicitando mais informações ou confirmação da informação percebida, usando também linguagem natural.

A plataforma desenvolvida foi testada com sucesso em dois ambientes interiores de características distintas, no edifício do Instituto de Engenharia Electrónica e Telemática e no antigo laboratório de gerontologia da Secção Autónoma de Ciências da Saúde e da Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro. Os resultados positivos obtidos neste trabalho levaram à criação de uma equipa participante no *RoboCup@Home* onde o trabalho descrito anteriormente foi aplicado num ambiente competitivo.

## REFERÊNCIAS

1. Neves A, Azevedo J, Cunha B, Lau N, Silva J, Santos F, Corrente G, Martins D, Figueiredo N, Pereira A, Almeida L, Lopes L, Pinho A, Rodrigues J, Pedreiras P. CAMBADA Soccer Team: from Robot Architecture to Multiagent Coordination. *Robot Soccer*. 2010; 19-45.
2. The New ASIMO - Major Features Summary, <http://www.hondauk-media.co.uk/uploads/presspacks/bf27134ff6692b1c050d8ae9c29bc21840af2a723/MajorFeaturesSummary.pdf>, acedido em outubro de 2010.
3. Graf B, Reiser U, Hägele M, Mauz K, Klein P. Robotic Home Assistant Care-o-bot 3 - Product Vision and Innovation Platform. *IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts*; Tóquio; 2009.
4. Pollack M, Engberg S, Matthews J, Thrun S, Brown L, Colbry D, Orosz C, Peintner B, Ramakrishnan S, Dunbar-Jacob J, MacCarthy CR, Montemerlo M, Pineau J, Roy N. Pearl: A Mobile Robotic Assistant for the Elderly. *AAAI Workshop on Automation as Eldercare*; Edmonton; 2002.
5. Marder-Eppstein E, Berger E, Foote T, Gerkey B, Konolige K. The Office Marathon: Robust Navigation in an Indoor Office Environment. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*; Anchorage; 2010.
6. Meeussen W, Wise M, Glaser S, Chitta S, Mc-Gann C, Mihelich P, Marder-Eppstein E, Muja M, Eruhimov V, Foote T, Hsu J, Rusu R, Marthi B, Bradski G, Konolige K, Gerkey B, Berger E. Autonomous Door Opening and Plugging in with a Personal Robot. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*; Anchorage; 2010.
7. Riba Official Page, <http://rtc.nagoya.riken.jp/RIBA/index-e.html>, acedido em outubro de 2010.
8. Mataric M, Eriksson J, Feil-Seifer D, Winstein C. Socially Assistive Robotics for Post-stroke Rehabilitation. *International Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2007; 4(1): 5.
9. Broadbent E, Tamagawa R, Kerse N, Knock B, Patience A, MacDonald B. Retirement Home Staff and Residents' Preferences for Healthcare Robots. *18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*; Toyama; 2009.
10. MacDorman K, Ishiguro H. The Uncanny Advantage of Using Androids in Cognitive and Social Science Research. *Interaction Studies*. 2006; 7(3): 297-337.
11. Mataric M, Tapus A. The Promises and Challenges of Socially Assistive Robotics. *50th Anniversary AI Summit*; Monte Verita; 2006.
12. Fong T, Nourbakhsh I, Dautenhahn K. A Survey of Socially Interactive Robots. *Robotics and Autonomous Systems*. 2003; 42(3-4): 143-166.
13. Wulf O, Arras K, Christensen HI, Wagner B. 2D Mapping of Cluttered Indoor Environments by Means of 3D Perception. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*; New Orleans; 2004.
14. Brown M, Burschka D, Hager G. Advances in Computational Stereo. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2003; 25(8): 993-1008.
15. Henry P, Krainin M, Herbst E, Ren X, Fox D. RGB-D Mapping: Using Depth Cameras for Dense 3D Modeling of Indoor Environments. *12th International Symposium on Experimental Robotics*; Nova Deli; 2010.
16. Cox I, Blanche - An Experiment in Guidance and Navigation of an Autonomous Vehicle. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*. 1991; 7(2): 193-204.
17. Thrun S, Burgard W, Fox D. *Probabilistic Robotics*. Cambridge: The MIT Press; 2005.
18. Thrun S, Beetz M, Benezewitz M, Burgard W, Cremers A, Dellaert F, Fox D, Hahnel D, Rosenberg C, Roy N, Schulte J, Schulz D. Probabilistic Algorithms and the Interactive Museum Tour-guide Robot Minerva. *International Journal of Robotic Research*. 2000; 19(11): 972-999.
19. Kalman R. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. *Journal of Basic Engineering*. 1960; 82(1) 35-45.
20. Latombe J. *Robot Motion Planning*. Kluwer Academic Publishers: Norwell; 1990.
21. Koren Y, Borenstein J. Potential Field Methods and their Inherent Limitations for Mobile Robot Navigation. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*. 1991; 1398 -1404.
22. Tilove R. Local Obstacle Avoidance for Mobile Robots based on the Method of Artificial Potentials. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*; Cincinnati; 1990.

23. Koenig S, Likhachev M. Improved Fast Replanning for Robot Navigation in Unknown Terrain, IEEE International Conference on Robotics and Automation; Washington; 2002.
24. Moradi H, Choi J, Kim E, Lee S. A Realtime Wall Detection Method for Indoor Environments. IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems; Pequim; 2006.
25. Lauer M, Lange S, Riedmiller M. Calculating the Perfect Match: An Efficient and Accurate Approach for Robot Self-Localization. In: Bredenfled A, Jacoff A, Noda I, Takahashi Y, editors, RoboCup 2005: Robot Soccer World Cup IX; Lecture Notes in Computer Science; Springer; 2005; 142-153.
26. Riedmiller M, Braun H. A Direct Adaptive Method for Faster Backpropagation Learning: the RPROP Algorithm. IEEE International Conference on Neural Networks; São Francisco; 1993.
27. Koenig S, Likhachev M. D\* Lite. 18th National Conference on Artificial Intelligence e 14th Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence; Edmonton; 2002.
28. Bohus D, Raux A, Harris T, Eskenazi M, Rudnicky A. Olympus: an Open-Source Framework for Conversational Spoken Language Interface Research. Annual Conference of the Human Language Technologies; Rochester; 2007.
29. Bohus D, Rudnicky, A. The RavenClaw Dialog Management Framework. Computer Speech & Language. 2009; 23(3) 332-361.
30. Wurm K, Hornung A, Bennewitz M, Stachniss C, Burgard W. OctoMap: A Probabilistic, Flexible, and Compact 3D Map Representation for Robotic Systems. IEEE International Conference on Robotics and Automation; Anchorage; 2010.



## TeleReabilitação: Uma Instanciação

António Teixeira<sup>1,4</sup>, Carlos Pereira<sup>1,4</sup>, Miguel Oliveira e Silva<sup>1,4</sup>, Joaquim Alvarelhão<sup>2</sup>, Anabela Silva<sup>2</sup>, Margarida Cerqueira<sup>2,5</sup>, Ana Isabel Martins<sup>4</sup>, Osvaldo Pacheco<sup>1,4</sup>, Nuno Almeida<sup>1,4</sup>, Catarina Oliveira<sup>2,4</sup>, Alexandra Queirós<sup>2</sup>, Rui Costa<sup>2</sup>, António J. R. Neves<sup>1,4</sup>, António Amaro<sup>2</sup>, Nelson Pacheco da Rocha<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Eletrónica Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Secção Autónoma de Ciências da Saúde, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>4</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>5</sup>Unidade de Formação e Investigação sobre Adultos e Idosos, Porto, Portugal.

### Introdução

A aplicação das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na área da saúde tem sido alvo de uma crescente evolução nas últimas décadas. O conceito inicialmente conhecido como telemedicina deu lugar, com o aumento e generalização do conhecimento e aplicações, a um novo conceito mais abrangente designado por *eHealth* [1].

O *eHealth*, de uma forma resumida, traduz-se na utilização das TIC para a prestação de serviços de saúde de uma forma independente da localização física dos prestadores de cuidados e utentes.

A telereabilitação surge como alternativa à abordagem de reabilitação com presença física de um prestador de cuidados

formais e permite ultrapassar barreiras geográficas, otimizar recursos humanos e promover a qualidade dos serviços disponíveis para populações com necessidades específicas [2].

A telereabilitação tem sido explorada em diversos domínios, tais como psicologia, fala, linguagem, audição, visão, terapia ocupacional e fisioterapia, porquanto pode ajudar a minimizar a pressão exercida sobre os sistemas de saúde devida ao contínuo envelhecimento demográfico da população mundial. A escassez e o custo dos recursos de saúde limita a capacidade dos sistemas de saúde de responderem adequadamente a uma população que não pretende apenas viver mais anos, mas viver esses anos com autonomia e qualidade de vida. Esta reali-

dade conduz à necessidade de desenvolver sistemas e serviços *Ambient Assisted Living* (AAL) que possam ser utilizados para satisfazer necessidades de pessoas idosas.

Neste capítulo é descrito o trabalho realizado para instanciar a arquitetura de desenvolvimento *Living Usability Lab* (LUL) na implementação de um serviço *TeleReabilitação* para permitir que pessoas idosas nos seus domicílios ou locais comunitários realizem sessões, quer de reabilitação, quer de exercício físico (promoção da saúde), sob a supervisão remota de prestadores de cuidados.

## Enquadramento

De acordo com certos autores o paradigma da terapia um-para-um irá mudar para um paradigma em que um prestador de cuidados interage, simultaneamente, com múltiplos utentes [3]. Com metodologias deste tipo prevê-se que se consiga uma diminuição dos custos a par com a melhoria da acessibilidade a cuidados terapêuticos. A telereabilitação possibilita a prestação de cuidados de reabilitação em qualquer lugar, a qualquer hora, permitindo superar limitações como a localização geográfica, falta de transportes ou disponibilidade limitada de prestadores de cuidados [3]. É de prever ainda que o conceito *Cloud Computing* dê origem a uma metodologia inovadora intitulada por *Cloud Rehabilitation*, onde *software* de simulação e jogos de reabilitação ou de promoção da saúde estarão acessíveis a todos [3]. Desta forma, os prestadores de cuidados terão simplesmente que aceder à infraestrutura *Cloud Computing* para programar atividades, assegurar o cumprimento de tais atividades e monitorizar os utentes.

A telereabilitação tem inúmeras vantagens [4]. Constitui um meio de prestação de cuidados que facilmente abrange um grande

número de utentes com baixos custos e que, simultaneamente, se ajusta às necessidades individuais de cada utente [5]. Em particular, para as pessoas idosas, a telereabilitação, para além de permitir a realização de reabilitação no domicílio pode, por exemplo, contribuir para facilitar o acesso a prestadores de cuidados, reduzir os custos e diminuir o isolamento. Adicionalmente, a telereabilitação é uma ferramenta importante para a promoção da saúde, nomeadamente através de programas de exercício físico, os quais podem contribuir para manter a população idosa ativa em consonância com o conceito envelhecimento ativo [6] da Organização Mundial de Saúde (OMS).

Em contraponto, a telereabilitação pode apresentar desvantagens em aspetos como, por exemplo, custos do equipamento, necessidade de conhecimentos técnicos, limitações das infraestruturas de comunicação, segurança do domicílio, eventual redução da eficácia ou fatores psicológicos [4].

A telereabilitação altera a forma tradicional de prestação de cuidados, na qual o utente e o prestador de cuidados estão face-a-face. Assim, é preciso analisar quer o grau de recetividade da telereabilitação, quer a sua eficácia.

Relativamente à aceitação da telereabilitação, diversos estudos têm demonstrado que os utentes apresentam sentimentos mistos. Por um lado, temem a perda de motivação e o suporte humano recebidos nas sessões de reabilitação presenciais e, por outro, valorizam a telereabilitação devido à diminuição dos problemas com os transportes, à flexibilidade de horários e à facilidade de conciliar as sessões de telereabilitação com atividades de vida diária [7, 8]. Por outro lado, é, de facto, expectável que algumas pessoas idosas realizem menos atividades sem a intervenção de um prestador de cuidados fisicamente presente, uma vez que

sentem que recebem menos atenção do que a que merecem. Adicionalmente, é também expectável que outras pessoas estejam dispostas a aceitar menor contacto humano [4]. Deve-se, no entanto, realçar que no período de transição entre o modelo de sessões de reabilitação presenciais e o modelo de tele-reabilitação é possível que a combinação dos dois modelos atenuem o receio dos utentes em aderir.

Apesar dos sentimentos mistos demonstrados, alguns estudos focados na comparação do nível de satisfação, relativamente aos serviços prestados a grupos de utentes que realizaram sessões de tele-reabilitação e outros grupos constituídos por utentes que realizaram sessões de reabilitação presenciais, não encontraram diferenças significativas [9, 10, 11].

Para que haja adesão à tele-reabilitação é necessário que os prestadores de cuidados estejam convencidos que os novos modelos satisfazem os critérios de um serviço de reabilitação seguro e eficaz. Evidências parecem sugerir que os prestadores de cuidados acreditam, realmente, na segurança e eficácia da tele-reabilitação, considerando ainda que este serviço é de fácil utilização e pode ser facilmente integrado na sua prática clínica [12, 13].

No que respeita à eficácia da tele-reabilitação, duas revisões sistemáticas da literatura relativas a estudos que comparam a tele-reabilitação com a reabilitação presencial demonstraram que, para uma variedade de utentes e condições clínicas, a tele-reabilitação apresenta resultados semelhantes à reabilitação presencial [5, 8]. Os estudos incluídos nas duas revisões sistemáticas são amplos e englobam fatores como as atividades de vida diária, capacidade de trabalho, marcha, capacidade de exercício físico, tarefas cognitivas, qualidade da fala, fadiga, ansiedade ou depressão [5]. Além disso, resultados dos processos clínicos como, por

exemplo, a assiduidade ou adesão às sessões de reabilitação, tendem a ser melhores na tele-reabilitação do que a reabilitação presencial. Há também algumas evidências preliminares de possíveis reduções de custos para os sistemas de saúde [5].

Na literatura relacionada com a tele-reabilitação há um número notavelmente pequeno de estudos abordando pessoas idosas ativas, particularmente quando estas estão nos seus próprios domicílios. Numa exceção [14] foi possível concluir que a tele-reabilitação tem potencial para ser uma alternativa prática para a prestação de serviços de reabilitação para determinados utentes, especialmente os que vivem em zonas remotas com acesso limitado a serviços de saúde. No entanto, consideram que é necessário trabalhar várias questões para garantir a eficácia da tele-reabilitação vocacionada para pessoas idosas. Duas dessas questões são a facilidade de iniciação dos sistemas e a usabilidade, especialmente para as pessoas com pouca experiência na utilização das TIC [14]. Os autores consideram que os desenvolvimentos tecnológicos poderão melhorar a interação com o utilizador, contribuindo, assim, para uma maior usabilidade dos novos serviços.

A atual migração de *interfaces* tradicionais do tipo *Windows, Icons, Menus and Pointer* (WIMP) para *interfaces* de interação multimodal possibilita diversos benefícios como, por exemplo, o facto de qualquer mensagem numa modalidade poder ser complementada por outra mensagem noutra modalidade [15]. *Interfaces* multimodais eficientes devem ser capazes de ter em conta as capacidades, necessidades e preferências dos utilizadores, o que é particularmente relevante quando estes são pessoas idosas. Adicionalmente, a utilização de serviços tecnológicos está dependente do contexto envolvente. A utilização de qualquer sistema

pode, por exemplo, ser afetada pela alteração do nível de ruído ou das condições de luminosidade do contexto envolvente. Neste sentido, é essencial prever tais alterações nos mecanismos de gestão da interação.

A necessidade da população idosa realizar atividades terapêuticas supervisionadas por prestadores de cuidados sem terem de sair dos seus domicílios aliada à disponibilidade e custo dos prestadores qualificados, levou a que o serviço *TeleReabilitação* fosse considerado como um dos serviços AAL prioritários a ser desenvolvido no âmbito do LUL. Este serviço é inspirado, mas não idêntico, ao serviço de reabilitação proposto pelo projeto *Persona* [16].

O serviço *TeleReabilitação* deve ser capaz de corresponder aos requisitos de pessoas idosas, prestadores de cuidados, instituições assistenciais e sistemas de saúde.

Os requisitos de pessoas idosas passam pela necessidade de atividades de reabilitação ou de promoção da saúde, com o acompanhamento de um prestador de cuidados, sem terem que sair dos seus domicílios, ou seja, terem acesso a serviços que podem ser usufruídos de uma forma simples, confortável e sem custos adicionais.

Pelo seu lado, os prestadores de cuidados pretendem ser capazes de estender a sua prática profissional a uma área geográfica mais ampla, prestar cuidados a pessoas que tenham dificuldades em sair dos seus domicílios ou que vivam em regiões isoladas, trocar experiências e combinar a prestação de cuidados com outros prestadores, de forma a fomentarem cuidados multidisciplinares.

Finalmente, tanto as instituições assistenciais como os sistemas de saúde pretendem diminuir a institucionalização dos utentes, assegurando planos de reabilitação no domicílio, aumentando, assim, a qualidade dos serviços de saúde e otimizando os recursos humanos e materiais.

## O Serviço *TeleReabilitação* com Interação Multimodal

De uma forma global, o serviço *TeleReabilitação*, desenvolvido no âmbito do LUL, deve permitir a realização de atividades diversas, nomeadamente atividades de reabilitação ou de exercício físico, nos domicílios dos utentes ou em locais comunitários, sob supervisão remota de prestadores de cuidados.

A Figura 14.1 apresenta um cenário conceptual da utilização do serviço *TeleReabilitação*. Dada a perspetiva de interação remota, é necessária a divisão do serviço entre dois locais físicos, o domicílio da pessoa idosa e o local de trabalho do prestador de cuidados. Adicionalmente, é essencial que o prestador de cuidados possa observar a realização das diferentes atividades como se estivesse presente e intervir quando necessário.

Tecnologicamente, o serviço *TeleReabilitação* possibilita ao prestador de cuidados o visionamento do domicílio do utente (através de um canal de comunicação vídeo) para a gestão da sessão e acesso à informação biométrica do utente adquirida por sensores de diversos tipos.

Pela sua parte, o utente necessita de indicações sobre o desenrolar da sessão e da sua prestação nas diversas atividades, através de indicações adequadas.

Na especificação dos requisitos de multimodalidade foi utilizado um modelo genérico de análise para sistemas multimodais que considera o tipo de aplicações, as modalidades, as formas de interação, as tarefas, os utilizadores, os dispositivos e os contextos de utilização [17]. Tal permitiu identificar um conjunto de dispositivos e modalidades associadas para os mecanismos de gestão da interação do serviço *TeleReabilitação* (Tabela 14.1).

No que concerne à adaptabilidade das interfaces é necessário um bom conheci-

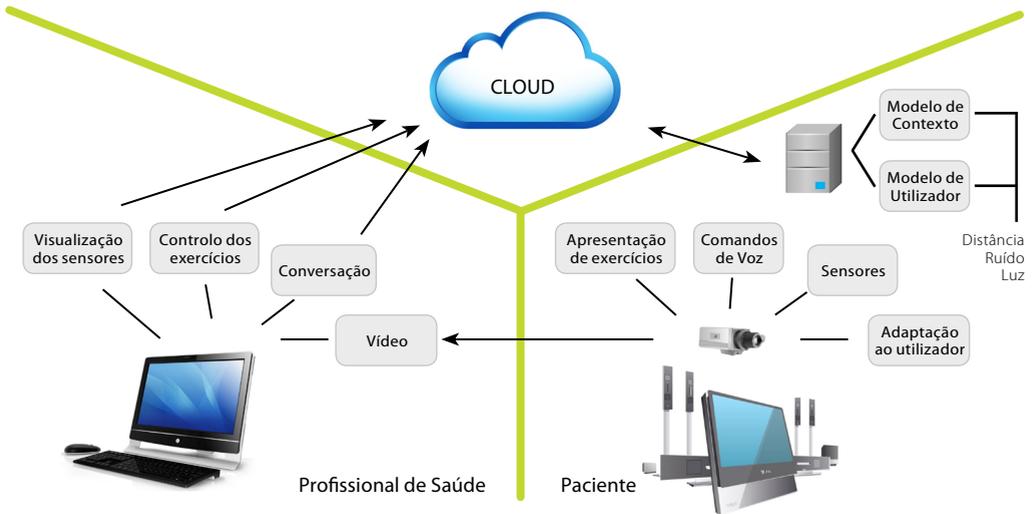


Figura 14.1 - Visão conceptual do serviço a desenvolver.

Tabela 14.1 - Dispositivos e modalidades para interação identificados para os dois tipos de utilizadores finais.

	Entrada	Saída
<b>Prestador de cuidados</b>		
<b>Dispositivos</b>	Microfone e reconhecimento de voz; teclado; rato; monitor com sensibilidade ao toque.	Exibição de gráficos; altifalantes.
<b>Modalidades</b>	Ponteiro analógico bidimensional (rato); texto bidimensional escrito em português (escrito com um teclado real ou virtual); conversação em português.	Conversação em português; canal vídeo; texto bidimensional escrito em português.
<b>Utente (pessoa idosa no seu domicílio)</b>		
<b>Dispositivos</b>	Microfone e reconhecimento por voz; câmara de vídeo; sensores de monitorização de sinais vitais; sensores para suportar noção de contexto.	Televisão com ecrã de grande dimensão; conectores de entrada; alto-falantes e texto falado.
<b>Modalidades</b>	Texto bidimensional escrito em português; conversação em português; transmissão de vídeo em tempo real.	Texto bidimensional escrito em português; conversação em português; imagens animadas que descrevem as atividades.

mento dos requisitos dos utilizadores finais. De forma a caracterizar ambos os grupos de utilizadores finais (pessoas idosas e prestadores de cuidados) e para suportarem o pro-

cesso de desenvolvimento, nomeadamente a análise de requisitos, foram desenvolvidas três representações de potenciais utilizadores, ou seja, três *personas* [18]:

- D. Zulmira. Representa o grupo de pessoas idosas. É reformada e tem 70 anos. Na sua vida ativa foi secretária numa pequena empresa numa área semirural. Os familiares que vivem perto da D. Zulmira trabalham a tempo inteiro. Tem osteoartrite, hipertensão, presbiopia e alguns problemas de audição. O seu médico fisiatra recomendou-lhe um programa de exercício físico, mas as restrições da D. Zulmira impossibilitam-na de utilizar os transportes públicos para se deslocar aos locais de prática de exercício físico.
- Flávia Conceição. Tem 32 anos, é gerontóloga e especializou-se em exercício físico adaptado. Tem experiência em trabalhar em Instituições Privadas de Solidariedade Social (IPSS) com pessoas idosas, tendo desenvolvido diversos programas de exercício físico. Compreende as redes sociais e as tecnologias que as suportam como, por exemplo, o *Messenger*.
- Dra. Filipa. É médica fisiatra numa unidade hospitalar. Tem 55 anos, é casada e assume a responsabilidade de cuidar dos seus pais (vivem próximo dela). Utiliza aplicações informáticas no trabalho (como o correio eletrónico e o processador de texto), mas com alguma relutância. Não tem portátil.

As *personas* em conjunto com as descrições de cenários de uso, derivados do cenário conceptual apresentado na Figura 14.1, permitiram a aplicação da metodologia *Persona, Cenário e Objetivo (Persona, Scenario and Goal - PSG)* [18] para analisar os principais requisitos do serviço *TeleReabilitação*, tendo como princípio que a questão da usabilidade é uma questão crucial.

Os requisitos funcionais de alto nível que resultaram dessa análise [19] são, sob o ponto de vista do prestador de cuidados, os seguintes:

- Gestão da sessão de realização de atividades.
- Definição do plano de atividades, sendo possível a escolha das atividades a incluir e quais os objetivos de cada uma.
- Envio do plano de atividades ao utente e controlo sobre a execução do mesmo.
- Comunicação bidirecional.
- Visionamento e controlo do canal de comunicação vídeo.
- Visionamento da informação biométrica do utente.

Os requisitos funcionais de alto nível sob o ponto de vista do utente são os seguintes:

- Monitorização do estado da sessão.
- Monitorização do plano de atividades.
- Receção de indicações sobre as atividades a realizar.
- Perceção do modo como as atividades estão a ser realizadas.
- Envio de mensagens para o prestador de cuidados.
- Alteração de mecanismos de interação de acordo com as suas preferências.

Em termos de requisitos não funcionais, foram considerados os seguintes:

- O ambiente de computação deve ser distribuído e heterogéneo, garantindo a natureza geograficamente distribuída do serviço, e contribuir para que não sejam necessários ambientes de computação específicos.
- O sistema deve ser escalável e extensível, ou seja, estar preparado para crescer e integrar novas funções.
- O sistema deve registar todas as ações dos utilizadores, o que é um requisito crucial no âmbito do paradigma AAL.
- O sistema deve ser confiável, pelo que é crucial que seja tolerante a falhas para estar sempre operacional e estável.
- O sistema deve ter uma usabilidade ele-

vada. Em particular, as funções disponíveis devem parecer simples e naturais.

modalidades preferidas dos utilizadores finais.

Este último requisito é, sem dúvida, um dos requisitos não funcionais mais importantes para a especificação do serviço *TeleReabilitação* e reflete-se num conjunto de requisitos a nível da gestão da interação, nomeadamente: a variedade de modalidades deve ser aproveitada para aumentar a probabilidade de sucesso da interação com o sistema; as modalidades de entrada devem permitir um fácil acesso à informação e às funções do serviço; as modalidades de saída devem ser capazes de se adaptar às condições ambientais (por exemplo, nível de ruído e condições de luminosidade do contexto envolvente ou o posicionamento do utilizador relativamente aos vários componentes do equipamento terminal) e também às necessidades, limitações ou escolhas pessoais dos utilizadores; e a interação deve ser feita, tanto quanto possível, através das

## Descrição do Protótipo

A arquitetura de desenvolvimento LUL, tal como foi referido noutra capítulo, é subdividida em quatro camadas: aplicação, serviços LUL, serviços comuns e infraestrutura.

A arquitetura do serviço *TeleReabilitação* (Figura 14.2) obedece à mesma estrutura de camadas. A nível infraestrutural, o protótipo é composto por sistemas informáticos com dispositivos de entrada e saída de dados diversos (por exemplo, monitores, altifalantes, dispositivos apontadores, microfones, câmaras de vídeo ou dispositivos e sensores de monitorização de sinais vitais ou para a deteção de alterações do contexto envolvente).

A um nível superior, o protótipo utiliza a camada serviços comuns nomeadamente

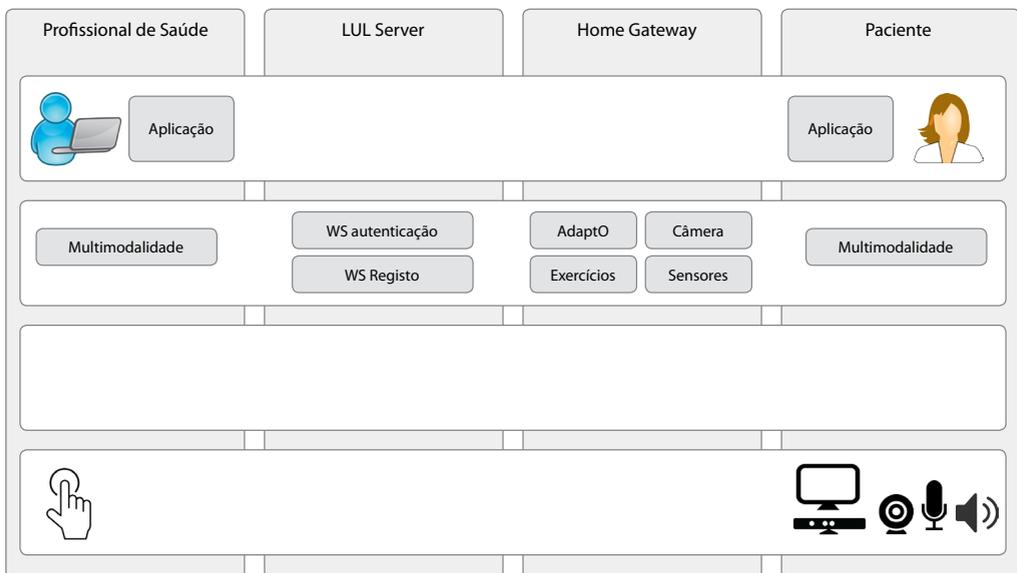


Figura 14.2 - Arquitetura geral do serviço *TeleReabilitação*.

para a monitorização dos diferentes componentes que constituem o sistema distribuído ou para o registo e autenticação, essenciais para garantir a confidencialidade da informação.

Por sua vez, a camada serviços LUL providencia mecanismos de controlo (por exemplo, controlo da rede de sensores ou do canal de comunicação vídeo) e de gestão da interação, sendo de destacar o módulo multimodalidade.

Por fim, na camada aplicação localizam-se as aplicações que agregam as funções do serviço *TeleReabilitação*. Este necessita de duas aplicações: aplicação prestador de cuidados e aplicação utente. O carácter autónomo de ambas permite que o desenvolvimento seja focalizado nos requisitos específicos das respetivas situações subjacentes.

## Módulo Multimodalidade

Uma das principais inovações do protótipo desenvolvido está relacionada com a utilização do módulo multimodalidade que não só permite que a gestão da interação entre utilizadores e sistema seja feita com recurso a várias modalidades, mas também que seja adaptativa, consoante a alteração dos requisitos dos utilizadores e contextos de utilização.

De acordo com a literatura relacionada com a interação multimodal, os dispositivos de saída de informação são designados por sintetizadores. Considerando os contextos de utilização e as capacidades dos utilizadores, os sintetizadores podem decidir se os utilizadores têm condições para interagir com o sistema e responderem ao que lhes é solicitado (por exemplo, se um utilizador tem problemas de audição e contexto de utilização é muito ruidoso, um sintetizador que utilize a voz deverá desativar-se automática-

mente) e de providenciarem a alteração de atributos da gestão da interação.

Relativamente à saída de dados, o módulo multimodalidade utiliza o sub-componente *AdaptO* [20]. A arquitetura do *AdaptO* (Figura 14.3) é composta por um mecanismo de fissão que gere a utilização das diferentes modalidades, por modelos de utilizadores e de contextos e, por vários sensores e ainda diversos sintetizadores, nomeadamente de texto e voz. De momento, como prova de conceito, o sintetizador de texto altera o tamanho dos caracteres de acordo com a capacidade visual dos utilizadores, as condições de luminosidade dos contextos envolventes e o posicionamento dos utilizadores em relação ao monitor. O sintetizador de voz é também capaz de alterar tanto o volume como a velocidade da fala, o que aumenta a probabilidade das mensagens serem compreendidas pelos utilizadores.

De acordo com esta arquitetura, o *AdaptO* reage às alterações do contexto de utilização. Por exemplo, uma alteração da posição do utilizador é detetada por sensores de distância, o que pode levar o *AdaptO* a decidir aumentar ou diminuir o tamanho dos caracteres do sintetizador de texto e o volume áudio do sintetizador de voz, consoante haja uma indicação que o utilizador afastou-se ou aproximou-se dos dispositivos de saída de dados.

## Aplicação Prestador de Cuidados

O principal objetivo da aplicação prestador de cuidados é o de possibilitar o controlo das sessões estabelecidas com a aplicação utente. A aplicação utiliza os recursos da arquitetura de desenvolvimento LUL para permitir:

- Visionamento do desempenho do utente com recurso a um canal de comunicação vídeo.

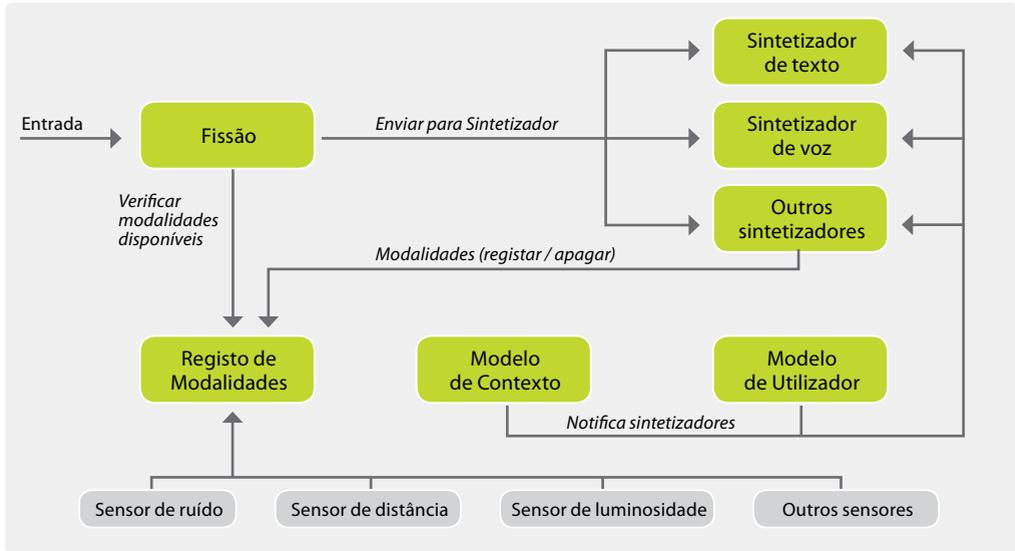


Figura 14.3 - Arquitetura do *AdaptO*.

- Acesso à informação biométrica proveniente do equipamento terminal do utente.
- Restituição das ligações em caso de erros derivados das capacidades de monitorização associadas a todos os módulos desenvolvidos e presentes no sistema distribuído.
- Interação multimodal e adaptativa.

No que concerne à gestão da interação com os utilizadores, para além da saída tipo voz, foi desenvolvida uma *interface* gráfica apresentada na Figura 14.4. Esta *interface* foi concebida de modo a englobar os componentes fundamentais para a realização de uma sessão constituída por várias atividades:

- Seleção e controlo do plano de atividades.
- Informação biométrica do utente.
- Comunicação com o utente via mensagens de texto.
- Controlo do canal de comunicação vídeo.
- Informação do estado da sessão.

O primeiro componente (do lado esquerdo da zona superior do ecrã) possibilita a seleção das atividades a realizar. É possível ao prestador de cuidados controlar a sessão, através da seleção ou remoção de atividades que o utente deve realizar. O segundo componente (do lado direito da zona superior do ecrã), relativo à informação dos sensores de monitorização de sinais vitais, permite ao prestador de cuidados analisar a informação biométrica do utente. O terceiro componente (do lado esquerdo da zona inferior do ecrã) contém uma zona de comunicação por mensagens, onde o prestador de cuidados pode comunicar diretamente com o utente e providenciar indicações sobre as atividades que devem ser realizadas. O componente canal de comunicação vídeo (zona inferior direita do ecrã) apresenta a imagem do utente em tempo real. Finalmente, o último componente (rodapé do ecrã) permite ao prestador de cuidados ter informação sobre a sessão que está a decorrer e sobre o estado da aplicação utente.



Figura 14.4 - Interface da aplicação prestador de cuidados.

## Aplicação Utente

No desenvolvimento da aplicação utente foi tida em conta a importância da gestão da interação com o utente devido a prováveis limitações físicas, deterioração de algumas capacidades, condições do contexto de utilização (por exemplo, nível de ruído ou das condições de luminosidade do contexto envolvente ou posicionamento do utente) e aos movimentos associados às diferentes atividades. Como modalidades de entrada e saída optou-se por duas modalidades: texto e voz. A opção pelo uso da voz deriva do seu potencial de usabilidade e de permitir a interação em mãos-livres, a alguma distância do equipamento terminal.

A interface principal do utente é um monitor (ou televisor) de grandes dimensões. O monitor é complementado por outros dispositivos de entrada e saída de dados como, por exemplo, altifalantes, dispositivos apontadores, microfones, câmaras

de vídeo ou dispositivos e sensores de monitorização de sinais vitais ou para a deteção de alterações do contexto envolvente. Um desses dispositivos é o *Kinect* que permite a captura de movimentos e imagens, e a construção de uma representação a três dimensões do contexto envolvente. Adicionalmente, tendo em conta os requisitos da aplicação, foi preciso considerar um conjunto de sensores que recolhe informação biométrica do utente para serem transmitidos para a aplicação prestador de cuidados.

Do ponto de vista da camada aplicação, é de salientar que a gestão da interação foi enriquecida com módulos adicionais que não estão presentes na aplicação prestador de cuidados: reconhecimento de voz e sintetizador de voz. É da responsabilidade do reconhecimento de voz adquirir mensagens de voz e convertê-las para um formato texto para serem visíveis na aplicação prestador de cuidados. Por sua vez, o sintetizador de voz é responsável por converter mensagens

de texto oriundas da aplicação prestador de cuidados para mensagens de voz.

A Figura 14.5 ilustra a *interface* gráfica da aplicação do utente. A *interface* concebida é composta por sete componentes, subdivididos em três grupos:

- Área de monitorização, no topo do ecrã.
- Área de receção de informação, no meio do ecrã.
- Área de entrada de informação, na zona inferior do ecrã.

A área de monitorização apresenta uma perspetiva geral do estado da sessão. Esta área permite ao utente tomar conhecimento do que acontece a cada momento, contribuindo para a sua orientação. Inclui: a descrição do estado da sessão sob o ponto de vista de conexão com a aplicação remota (ativa ou inativa) e a data e hora; a descrição das últimas ações do prestador de cuidados e do utente; e o estado das atividades (uma lista

de atividades programadas para cada sessão, com destaque para a que está a ser realizada, e uma barra de progresso que indica o tempo restante para o final dessa atividade).

A área de receção de informação, do lado esquerdo do ecrã, apresenta a informação proveniente do prestador de cuidados ou de ações automatizadas do próprio sistema distribuído e inclui a discriminação das atividades a realizar e indicações sobre cada uma delas. A atividade atual é apresentada através de uma imagem e informação resultante da utilização da *Synchronized Multimedia Integration Language* (SMIL), uma linguagem desenvolvida para descrever conteúdos multimédia. No componente do lado direito da área de receção de informação, o utente pode perceber o modo como está a realizar a atividade para, eventualmente, poder corrigir alguns posicionamentos menos adequados. Neste particular, foram adicionados mecanismos que permitem a visualização de

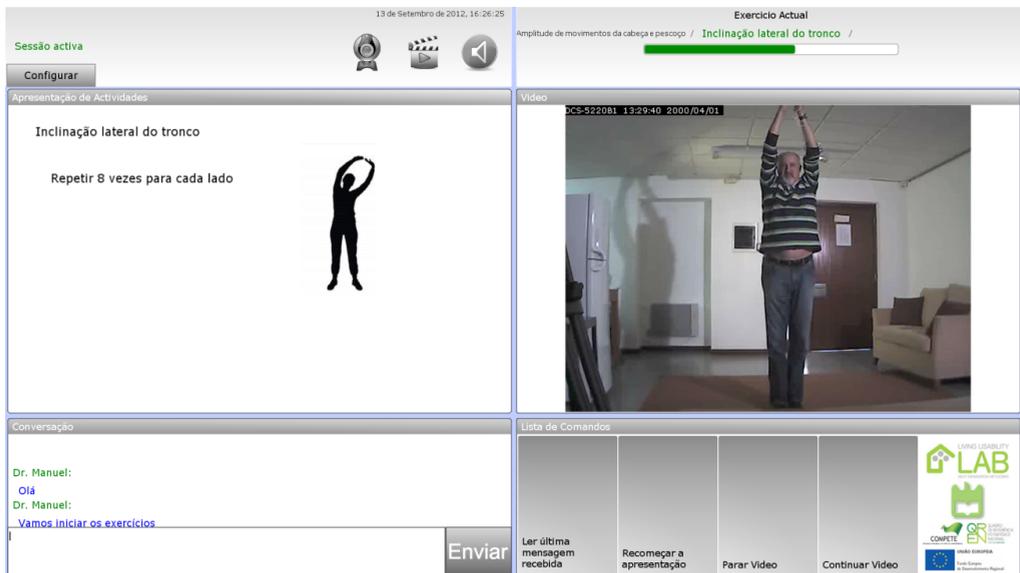


Figura 14.5 - Interface da aplicação do utente.

uma representação tridimensional das articulações e eixo central (coluna vertebral) do utente, contribuindo também para este tenha consciência da sua postura.

A área de entrada de informação serve para apresentar a informação enviada para a aplicação prestador de cuidados. Inclui um *chat* e uma lista de comandos de interação que podem variar com o decorrer da sessão.

## Conclusão

Apesar de este capítulo ter como objetivo o de demonstrar a aplicabilidade da arquitetura de desenvolvimento LUL para a implementação de serviços AAL convém referir que o serviço resultante foi submetido a uma avaliação com utilizadores reais, tendo como contexto a execução remota de um programa de exercício físico.

Os participantes ficaram satisfeitos com a forma como decorreu o processo de avaliação e consideraram a gestão da interação confortável, quer sob o ponto de vista do prestador de cuidados, quer sob o ponto de vista do utente.

Em termos de *interface* gráfica, a distribuição dos componentes foi considerada agradável, se bem que tenham sido sugeridas algumas alterações como, por exemplo, maior enfoque no componente de informação em detrimento da área de monitorização na *interface* da aplicação prestador de cuidados, e criação de comandos significativos que devem ser representados por ícones adequados. Apesar das queixas relativas ao tamanho dos caracteres, os participantes consideraram que as indicações explicativas sobre as atividades a realizar (incluindo imagens e texto) como facilitadoras para a execução das mesmas. A interação por toque, apesar de ser raramente utilizada, foi considerada como um componente de elevado valor.

Alguns dos aspetos negativos referidos relacionam-se com a ausência de entrada de informação por voz, a qualidade do canal de comunicação vídeo, o facto das imagens relativas às indicações do prestador de cuidados não serem animadas e o tamanho demasiado pequeno de ícones de controlo. Os participantes referiram ainda que o tamanho dos caracteres era adequado quando estavam sentados em frente ao monitor, mas demasiado pequeno quando estavam em pé a realizar as atividades.

O serviço *Telereabilitação* está atualmente ainda numa fase de protótipo e, nesse sentido, pode e deve ser explorado no futuro em diferentes aspetos, nomeadamente melhor adaptação dos dispositivos de saída, melhor apresentação dos atividades a realizar e exploração de sensores diversos para providenciarem, de uma forma automática, alertas ou informação de como está a decorrer a sessão. Em particular, o *Kinect* apresenta um grande potencial, principalmente devido à conjugação de um sensor de profundidade e uma câmara de alta definição, o que pode proporcionar o desenvolvimento de algoritmos complexos de reconhecimento de imagens ou de sequências de imagens.

Os comentários dos participantes na avaliação do serviço *TeleReabilitação* sobre a usabilidade das *interfaces* vão de encontro ao entendimento dos autores relativamente à grande importância das questões relacionadas com a gestão da interação.

No processo de conceção do serviço *TeleReabilitação*, desde logo através do carácter distribuído da lógica a desenvolver, foi possível recorrer à arquitetura de desenvolvimento LUL para integração e utilização de componentes necessários para os requisitos identificados. Na verdade, a arquitetura providencia alguns componentes essenciais, tais como o canal de comunicação de vídeo, o controlo da rede sensores, a gestão das

comunicações ou a gestão da multimodalidade, pelo que certas funções complexas como, por exemplo, a recuperação de possíveis problemas de comunicação tornaram-se rapidamente resolúveis através dos componentes disponíveis. Algumas dependências geradas pela necessidade de integração de diversos componentes são compensadas pela existência de um grande leque de funções.

A arquitetura de desenvolvimento LUL pretende, acima de tudo, tornar-se num veículo simplificador para implementação de serviços AAL. Pretende facilitar a conceção, integração e prototipagem de aplicações através de uma base sólida que permita um desenvolvimento orientado a AAL, com a utilização de metodologias de avaliação coerentes e com enfoque em características como usabilidade, disponibilidade e interoperabilidade. De um modo geral, o serviço concebido apresenta propriedades que ilustram as vantagens da utilização da arquitetura de desenvolvimento LUL. A existência de componentes que garantem aspetos como interoperabilidade, segurança, tolerância a falhas, autenticação ou mecanismos de interação (por exemplo, multimodalidade) representam uma economia substancial nos tempos e, conseqüentemente, nos custos de desenvolvimento. Deste modo, a arquitetura de desenvolvimento LUL e os seus diversos componentes permitiram que o esforço de desenvolvimento do serviço *TeleReabilitação* fosse maioritariamente direcionado para as funções relacionadas com a gestão da interação.

Adicionalmente, através da integração de novos componentes, é possível prever a expandibilidade futura da arquitetura de desenvolvimento LUL e respetivos componentes, o que pode potenciar o desenvolvimento de cadeias de valor com vários intervenientes. Esta capacidade assegura perspetivas futuras para o desenvolvimento de serviços AAL inovadores no âmbito do ecossistema LUL concebido.

## REFERÊNCIAS

1. Eysenbach G. What is e.health? Journal of Medical Internet Research. 2001; 3(2).
2. McCue M, Fairman A, Pramuka M. Enhancing Quality of Life through Telerehabilitation. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America. 2010; 21(1): 195-205.
3. Burdea G. Rubber Ball to Cloud Rehabilitation - Musing on the Future of Therapy. Virtual Rehabilitation International Conference; Haifa; 2009.
4. Burdea G. Virtual Rehabilitation - Benefits and Challenges. Methods of Information in Medicine. 2003; 42(5): 519-523.
5. Kairy D, Lehoux P, Vincent C, Visintin M. A Systematic Review of Clinical Outcomes, Clinical Process, Healthcare Utilization and Costs Associated with Telerehabilitation. Disability and Rehabilitation. 2009; 31(6): 427-447.
6. Active Ageing: A Policy Framework. A Contribution of the World Health Organization to the Second United Nations World Assembly on Ageing. Geneva: World Health Organization; 2002.
7. Cranen K, Drossaert C, Brinkman E, Braakman-Jansen A, Ijzerman M, Vollenbroek-Hutten M. An Exploration of Chronic Pain Patients' Perceptions of Home Telerehabilitation Services. Health Expectations. 2011; 15: 339-350.
8. Steel K, Cox D, Garry H. Therapeutic Videoconferencing Interventions for the Treatment of Long-Term Conditions. Journal of Telemedicine and Telecare. 2011; 17(3): 109-117.
9. Hopp F, Woodbridge P, Subramanian U, Copeland L, Smith D, Lowery J. Outcomes Associated with a Home Care Telehealth Intervention. Journal of Telemedicine and eHealth. 2006; 12(3): 297-307.
10. Tousignant M, Boissy P, Moffet H, Corriveau H, Cabana F, Marquis F, et al. Patients' Satisfaction of Healthcare Services and Perception with In-Home Telerehabilitation and Physiotherapists' Satisfaction Toward Technology for Post-Knee Arthroplasty: An Embedded Study in a Randomized Trial. Telemedicine and e-Health. 2011; 17(5): 376-382.
11. Whitten P, Mickus M. Home Telecare for COPD/CHF Patients: Outcomes and Perceptions. Journal of Telemedicine and Telecare. 2007; 13(2): 69-73.

12. Huijgen B, Vollenbroek-Hutten M, Zampolini M, Opisso E, Bernabeu M, Nieuwenhoven JV, et al. Feasibility of a Home-Based Telerehabilitation System Compared to Usual Care: Arm/Hand Function in Patients with Stroke, Traumatic Brain Injury and Multiple Sclerosis. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2008; 14(5): 249-256.
13. Russell T, Buttrum P, Wootton R, Jull G. Rehabilitation after Total Knee Replacement Via Low-Bandwidth Telemedicine: the Patient and Therapist Experience. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2004; 10(Suppl 1): 85-87.
14. Peel N, Russell T, Gray L. Feasibility of Using an in-Home Video Conferencing System in Geriatric Rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2011; 43(4): 364-366.
15. O'Connell T. The Why and How of Senior-Focused Design. In: Lazar J, editor. *Universal Usability: Designing Computer Interfaces for Diverse User Populations*. West Sussex: John Wiley and Sons; 2009.
16. User Requirements and AAL Service Specification. *PERceptive Spaces prOmoting iNdependent Aging (PERSONA)*. Bruxelas: European Commission; 2008.
17. Bensen N, Dybkjaer L. *Multimodal Usability*. Londres: Springer; 2009.
18. Aoyama M. *Persona-Scenario-Goal Methodology for User-Centered Requirements Engineering*. 15th IEEE International Requirements Engineering Conference; Nova Deli; 2007.
19. Teixeira A, Pereira C, Oliveira e Silva M, Alvarelhão J, Neves A, Pacheco O. *Output Matters! Adaptable Multimodal Output for New Telerehabilitation Services for the Elderly*. 1st International Living Usability Lab Workshop on AAL Latest Solutions, Trends and Applications; Roma; 2011.
20. Teixeira A, Pereira C, Oliveira e Silva M, Pacheco O, A. Neves, Casimiro J. *AdaptO - Adaptive Multimodal Output*. 1st International Conference on Pervasive and Embedded Computing and Communication Systems; Algarve; 2011.

# Metodologia *Living Usability Lab*

Ana Isabel Martins<sup>1</sup>, Alexandra Queirós<sup>2</sup>, Margarida Cerqueira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

## Introdução

O *Living Usability Lab* (LUL) não é um mero repositório de tecnologias. É essencialmente um ambiente colaborativo que tem por objetivos facilitar a investigação translacional e o desenvolvimento, integração, avaliação de sistemas e serviços com elevados requisitos em termos de mecanismos de interação que podem ser suportados em tecnologias multimodais e de monitorização dos utilizadores e dos seus meios envolventes.

Os paradigmas associados ao desenvolvimento de sistemas baseados em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) consideram relevante a participação dos utilizadores finais no processo de desenvolvimento. No entanto, essa participação é, normalmente, esporádica e está associada ao levantamento de requisitos e à validação das opções efetuadas. Um desafio para os promotores de novos sistemas e serviços na área das TIC é o de envolver os potenciais utilizadores finais e outras partes interessadas (*stakeholders*) em todas as fases de desenvolvimento, incluindo as fases iniciais de

investigação de contexto e geração de ideias, e que esse envolvimento seja contínuo e não esporádico.

Para além de um conhecimento aprofundado dos requisitos e contextos dos potenciais utilizadores, são também importantes as opiniões de todas as partes interessadas sobre o estado da arte de soluções TIC, ou as suas participações em avaliações iniciais do mercado e na experimentação de protótipos e produtos finais, bem como as suas capacidades para se envolverem em processos de cocriação [1]. Adicionalmente, a compreensão das questões associadas aos enquadramentos organizacionais requer a participação não só de utilizadores finais, mas também de um vasto leque de entidades, nomeadamente prestadores de serviços, investigadores ou decisores políticos.

Consequentemente, o LUL tem que ser suportado em metodologias que reforcem o envolvimento de todas as partes interessadas nos ciclos de desenvolvimento de sistemas e serviços, como é o caso das metodologias *living lab* [2]. Tais metodologias promovem ambientes de inovação e desenvolvimento,

onde novas soluções são expostas em contextos semi-realistas como parte de estudos a médio ou longo prazo que visam a descoberta de oportunidades de inovação [1].

## Ciclos de Desenvolvimento de Sistemas

Um requisito pode ser qualquer necessidade ou expectativa que um sistema tem que satisfazer. Os requisitos refletem as necessidades explícitas ou implícitas dos utilizadores finais e podem ter como ponto de partida estudos de mercado, obrigações contratuais ou necessidades internas de uma organização. O levantamento de requisitos é um fator crucial para o sucesso de qualquer sistema baseado em TIC e constitui a primeira fase do seu ciclo de desenvolvimento:

- Análise de requisitos.
- Especificação técnica.
- Implementação.
- Verificação.
- Manutenção.

A análise de requisitos inclui identificação, levantamento, processamento e documentação de informação sobre as funções de um sistema em desenvolvimento e seus objetivos. Envolve potenciais utilizadores, peritos em soluções tecnológicas e conhecedores do domínio do problema. O resultado da análise de requisitos deverá, tipicamente, definir:

- As entradas e saídas do sistema.
- As funções a serem realizadas pelo sistema.
- Os mecanismos de interação dos utilizadores com o sistema.
- Os fluxos de informação do sistema com sistemas exteriores.
- O que deve ser considerado um erro de sistema e como deve ser tratado.

- As plataformas tecnológicas a serem utilizadas.
- Os requisitos não funcionais que o sistema deverá satisfazer (por exemplo, desempenho, fiabilidade ou segurança).

No processo de especificação técnica, os resultados da análise de requisitos são traduzidos numa representação lógica e física do sistema a ser implementado. Devido à complexidade dos projetos, ou para permitir que pessoas com diferentes níveis de responsabilidades acedam de uma forma adequada à informação resultante da especificação técnica, esta é, normalmente, composta por vários modelos, alguns com um grande nível de abstração e outros mais detalhados. A especificação técnica é a base para a implementação do sistema.

A fase verificação destina-se a demonstrar que o sistema resultante satisfaz os requisitos identificados na fase análise. Os resultados da fase verificação fornecem o grau de consistência e integridade de um sistema bem como o grau de adequação das suas respostas.

A fase verificação envolve a avaliação do sistema e dos seus diferentes componentes pelos responsáveis pela implementação, em condições controladas, o que permite, perante a definição de determinadas entradas, verificar se os resultados são comparáveis aos que seriam expectáveis. Trata-se de um processo complexo, demorado e não completo, sendo, por exemplo, difícil avaliar exaustivamente as características de um sistema em termos de tolerância a falhas. Adicionalmente, a fase verificação deve também incluir a realização de testes em ambientes de utilização o mais realistas possíveis e envolvendo a participação de um conjunto diversificado de utilizadores, nomeadamente para a avaliação de usabilidade.

A fase manutenção inclui alterações para a correção de erros e para incrementar o desempenho ou outros atributos do sistema.

A organização das várias fases dos ciclos de desenvolvimento de sistemas não tem necessariamente que obedecer a uma ordem sequencial (cada fase inicia-se somente após a anterior estar finalizada) podendo assumir diferentes modelos como, por exemplo, em espiral (análises de risco são regularmente efetuadas ao longo do desenvolvimento do sistema) ou desenvolvimento incremental (em que o sistema é desenvolvido de uma forma parcelar para ajudar que todos os envolvidos tenham a oportunidade de manifestarem as suas opiniões após a conclusão de cada parcela), com o recurso a métodos de prototipagem rápida para permitir a realização regulares de avaliações.

Os utilizadores finais são, normalmente, envolvidos em várias fases dos ciclos de desenvolvimento de sistemas. Em primeiro lugar, uma boa análise de requisitos tem que incluir, obrigatoriamente, as limitações, as restrições, as necessidades e as expectativas dos utilizadores finais. Por outro lado, a fase verificação, ou seja a confirmação objetiva que as especificações e a implementação estão em conformidade com as necessidades dos utilizadores e a utilização pretendida, também deverá envolver os utilizadores finais.

No processo de desenvolvimento de um sistema merece uma atenção particular a questão da interação dos utilizadores finais com esse sistema. A aproximação projeto centrado no utilizador (*user centred design*) [3] consiste, em termos gerais, numa metodologia de desenvolvimento dos mecanismos de interação dos utilizadores com os sistemas, em que as limitações, as restrições, as necessidades e as expectativas destes são tidas em conta, de uma forma estruturada, nas várias fases dos ciclos de desenvolvimento de sistemas.

## Perspetiva Metodológica *Living Lab*

Apesar de nas aproximações tradicionais ser considerado o envolvimento dos utilizadores finais, também não deixa de ser verdade que são os especialistas os responsáveis pela idealização, conceção e desenvolvimento dos sistemas e serviços, decidindo quais as funções a integrar e qual o modo como os utilizadores interagem com as mesmas. Só numa fase avançada, quando os conceitos estão idealizados é que os utilizadores são envolvidos, sem que a conceptualização inicial se tenha baseado nas suas experiências ou nos seus modelos mentais.

Por outro lado, a conceção de serviços contemplando sistemas baseados em TIC é um processo complexo em que é preciso entrar em linha de conta com variáveis relacionadas com enquadramentos organizacionais que vão para além de aspetos relacionados com as funções do sistema ou com os modos de interação previstos.

As metodologias *living lab* têm como aspeto central um envolvimento continuado das partes interessadas num sistema ou serviço em todas as fases do desenvolvimento, desde a idealização dos conceitos, ao levantamento de requisito, ao desenvolvimento e avaliação do sistema subjacente e à sua avaliação em contextos semi-realistas e integrados em serviços estruturados [4]. Por outro lado, a abordagem *living lab* privilegia a vida quotidiana dos utilizadores, englobando e integrando todos os seus papéis sociais [4].

Trata-se, portanto, de uma abordagem centrada nas pessoas e que concebe que estas e a sociedade sejam fontes de inovação [5]. Assim, os sistemas e serviços são criados e validados num ambiente colaborativo, multidimensional, empírico e real [4].

As metodologias *living lab* pressupõem, em geral, três fases de referência. A primeira

fase é a validação conceptual, seguida do teste protótipo e, por último, o teste piloto.

A validação conceptual tem como objetivo verificar se a ideia do sistema ou serviço é sustentável e merece ser explorada.

No teste protótipo, a segunda fase metodológica, pretende-se recolher informação relativa à usabilidade e satisfação dos utilizadores. Nesta fase poderá existir uma implementação física do protótipo do sistema ou serviço, de forma a ser testado pelos utilizadores. O teste protótipo é realizado num ambiente controlado.

Por fim, a terceira fase metodológica, o teste piloto, tem como objetivo avaliar, para além da usabilidade, o grau de satisfação dos utilizadores e o significado que determinado sistema ou serviço pode ter nas suas vidas. Por esta razão, esta última fase difere da do teste protótipo por ser realizada no contexto habitual (domiciliar ou de trabalho) dos utilizadores, de modo a integrar o sistema ou serviço na vida quotidiana dos mesmos. Tal permite avaliar os processos de mudança que podem resultar da introdução de novos sistemas e serviços, para o que são importantes fatores como a adequação das novas soluções, os desempenhos individuais dos utilizadores finais, as suas motivações e os seus graus de satisfação.

Estas fases não são estanques entre si, mas sim complementares. Por outro lado, o processo, apesar de ser sequencial, deve ser suficientemente flexível para permitir avanços e recuos ao longo das diferentes fases, uma vez que os dados recolhidos em cada fase ditam as próximas etapas do percurso do desenvolvimento do sistema ou serviço. A metodologia assenta, assim, num desenvolvimento em espiral, no qual se vai desenvolvendo e testando e, conseqüentemente, avançando e recuando nas diferentes fases metodológicas (Figura 15.1).

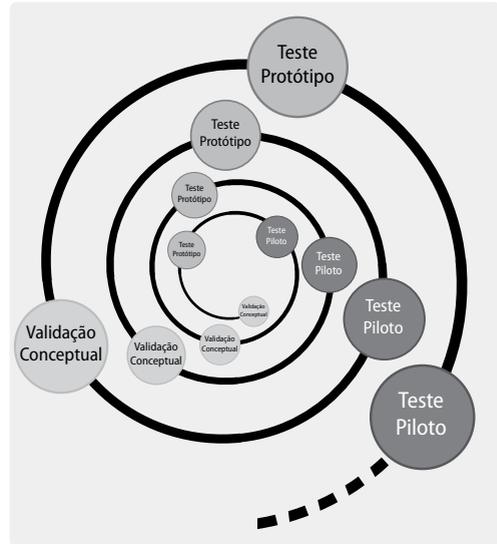


Figura 15.1 - Fases de referência da metodologia *living lab*.

## Métodos

No âmbito da abordagem metodológica *living lab*, todas as partes interessadas, em particular os potenciais utilizadores, podem estar envolvidos em discussões conceptuais (particularmente na fase validação conceptual) ou em experimentações envolvendo simuladores, protótipos ou sistemas e serviços finais.

### Discussão Conceptual

Uma discussão conceptual tem por objetivos a geração de novas ideias, o aprofundamento de novos conceitos e o desenvolvimento de possíveis cenários de aplicação.

Tendo em conta os vários métodos disponíveis existem várias alternativas que podem ser consideradas [1]:

- Entrevista. Normalmente as entrevistas são realizadas para avaliações qualitativas e exploratórias. A tipologia das

entrevistas é extremamente variável, mas deve conter a predefinição de alguns aspetos chave a explorar.

- Questionário. O termo questionário abrange uma ampla variedade de instrumentos (alguns dos quais de auto-administração) que podem variar de totalmente abertos a questões fechadas combinadas com escalas contendo respostas já predefinidas.
- Estudo observacional. Os tipos de dados que podem ser recolhidos através de um estudo observacional são muito amplos. Muitas vezes os estudos observacionais são exploratórios e, portanto, adequados para fornecer relatos descritivos e explicativos com base em dados qualitativos, nomeadamente atitudes, opiniões, valores, crenças, julgamentos, estimativas, ações hipotéticas, experiências passadas ou expectativas futuras. No entanto, os estudos observacionais também podem ser planeados para análises quantitativas.
- *Focus group*. *Focus group* é um método de recolha de dados qualitativos e que envolve um número reduzido de pessoas num grupo de discussão informal, focado num assunto específico [6]. O método *focus group* é, fundamentalmente, um modo de ouvir as pessoas e assim obter as suas reações em relação conceitos, protótipos, sistemas e serviços, identificando as suas forças e fraquezas [7].
- *Brainstorming*. O método *brainstorming* pode ser muito proveitoso para a geração de novas ideias, particularmente se os elementos que participam na discussão tiverem perspetivas diferentes. A natureza interativa deste método pode ser muito eficiente porque permite capturar ideias e pontos de vista diferentes de várias pessoas em tempos relativamente curtos. O *brainstorming* pode ser aplicado com diferentes propósitos, nomeadamente para o desenvolvimento de novos produtos, para a identificação de problemas e respetivas soluções ou para o planeamento de atividades futuras. Associado ao *brainstorming* deve existir uma atmosfera criativa que promova o envolvimento dos participantes e o trabalho colaborativo em equipa [8]. Embora seja um processo relativamente simples, deve seguir um conjunto de regras de modo a garantir uma maior eficiência [8].
- Grupo nominal. O método grupo nominal pode ser usado na resolução de problemas, definição de prioridades e oportunidades de melhoria, alocação de recursos e planeamento a longo termo. Em geral, o objetivo do grupo nominal pode ser resumido como uma estratégia de discussão em grupo que visa estabelecer um consenso na aceitação de um conjunto de decisões.
- Oficina de criação. Numa oficina de criação pretende-se o envolvimento de especialistas de diferentes áreas disciplinares bem como eventuais utilizadores em sessões de trabalho de grupo criativo. Os objetivos diretos de uma oficina de criação relacionam-se com a geração de novas ideias sobre as necessidades dos utilizadores, a familiarização com as tecnologias existentes, através de demonstração de alguns componentes chave ou realização de mini-experiências, e a avaliação das potencialidades de alguns conceitos.
- Elaboração de diários. Trata-se de uma técnica não intrusiva em que os participantes registam eventos específicos ao longo do seu dia a dia. A elaboração de diários é, normalmente, utilizada para orientar a conceção de novos sistemas e serviços com base na compreensão de

como as pessoas realizam as suas atividades diárias.

Os métodos anteriormente enumerados podem permitir, nomeadamente, a definição de *personas*. As *personas* são representações hipotéticas de um grupo de utilizadores. Trata-se de uma ferramenta valiosa, especialmente quando utilizada em conjunto com a construção de cenários, porque permite uma melhor compreensão de quais as verdadeiras necessidades e aspirações dos potenciais utilizadores finais [9].

## Experimentação

Várias possibilidades de experimentação exigem o envolvimento dos utilizadores finais:

- **Demonstração tecnológica.** Uma demonstração tecnológica tem por objetivo que os potenciais utilizadores possam ter a noção daquilo que é possível alcançar com as tecnologias estado da arte e quais são as suas limitações.
- **Simulação.** Uma simulação visa duplicar as condições de um ambiente do mundo real, no âmbito de uma experiência de laboratório, 'em que se utiliza um simulador, considerando-se simulador um objeto ou representação parcial ou total de uma tarefa a ser replicada' [10]. As simulações devem ser utilizadas numa fase inicial, quando o sistema ou serviço ainda não atingiu um estado de desenvolvimento estável. Deste modo, há a possibilidade de se realizar uma avaliação numa fase embrionária para serem realizadas as alterações que se revelarem necessárias [8].
- **Experiência de campo.** Se a simulação pode ser vista como um esforço para trazer o mundo real para o laboratório, as experiências de campo visam levar o

laboratório para o mundo real. As experiências de campo são importantes para garantir a validade externa dos resultados do processo de desenvolvimento de novos sistemas e serviços.

- **Piloto longitudinal.** Um piloto longitudinal é uma extensão da metodologia experiência de campo. As principais diferenças têm a ver com o forte enfoque em processos de mudança e reestruturação e a utilização de instrumentos de medida longitudinais como, por exemplo, a realização cíclica de entrevistas.

As várias alternativas experimentais apresentadas podem incluir diferentes métodos de recolha de dados. Para além de métodos já apresentados para a validação conceptual (por exemplo, entrevistas ou questionários), existe um vasto leque de outras possibilidades [1]:

- **Observação.** O objetivo geral de uma abordagem baseada na observação é o de obter informação detalhada sobre o comportamento humano como, por exemplo, formas de trabalho, colaboração ou comunicação. A observação naturalística é uma medida discreta adequada para observar *habitats* sem influenciar ou intervir nos comportamentos naturais. A ideia de observação participante é a do envolvimento ativo do investigador como membro do grupo para obter uma perceção mais profunda sobre os comportamentos individuais das pessoas, processos grupais e mudanças dentro do grupo. Finalmente, uma estratégia de auto-observação pode ser usada para o envolvimento dos diferentes utilizadores. A auto-observação pode passar pela elaboração de diários, em que os participantes podem gerir os seus próprios tempos e meios de recolha de informação [11] e, tendo em conta que

os dados são registados no momento em que ocorrem, pode existir uma redução do risco dos utilizadores fornecerem informação falsa [12].

- Registo de incidentes críticos. O método registo de incidentes críticos visa a identificação sistemática de comportamento que contribuem para o sucesso ou fracasso das pessoas ou organizações em situações específicas. Através da avaliação dos incidentes críticos e da identificação de soluções para estes incidentes podem ser derivadas boas práticas.
- Prototipagem rápida (*mockups*). Uma *mockup* pode permitir, por exemplo em conjunto com um *focus group* ou uma experiência de simulação, apurar a opinião dos potenciais utilizadores do sistema ou serviço que se encontra em desenvolvimento. Uma *mockup* é um protótipo de reduzida fidelidade (não implementado), utilizado para recolher dados preliminares sobre a interação entre os utilizadores e o sistema [13]. O facto de a *mockup* ter um aspeto inacabado pode ainda favorecer o criticismo dos utilizadores, que se sentem mais confortáveis a enumerar as desvantagens do sistema ou serviço do que se este já estivesse numa fase de desenvolvimento avançada [13].

Os métodos de recolha de dados enumerados pressupõem registos por parte de observadores ou por parte dos próprios sujeitos. No entanto, também é conveniente considerar dados coletados automaticamente. Os *logs* registados pelos sistemas ou outros dados comportamentais coletados automaticamente constituem um suplemento muito importante aos dados recolhidos por observadores, uma vez que possibilitam a realização de triangulações. Dados úteis a serem coletados incluem registos ao

longo do tempo dos *login* e dos números de acesso.

## Processos

A metodologia adotada para o LUL baseia-se numa série de procedimento que se enquadram numa perspetiva *living lab* e que envolvem as diferentes partes interessadas desde a preconceção da ideia até à validação final dos sistemas e serviços. Em cada fase metodológica é necessário definir um conjunto de aspetos conceptuais, operacionais e logísticos, nomeadamente:

- Objetivos e metas.
- Dimensões a avaliar.
- Planeamento da recolha de dados.
- Momentos de avaliação.
- Instrumentos de avaliação.
- Critérios de seleção da amostra.
- Recursos humanos.
- Equipamento e material necessário.
- Instalações necessárias.
- Descrição das sessões.

Nas próximas secções são referidos aspetos organizacionais relacionados com as três fases metodológicas: validação conceptual, teste protótipo e teste piloto.

### Validação Conceptual

O principal objetivo da validação conceptual é o de verificar se os conceitos iniciais são sustentáveis para o desenvolvimento de um potencial sistema ou serviço. As ideias subjacentes aos conceitos a serem validados podem ter várias proveniências. Podem ter surgido, por exemplo, de uma necessidade identificada por eventuais utilizadores finais ou a partir de discussões de um conjunto de especialistas que concluíram que certo sis-

tema ou serviço poderia ter potencial junto de um determinado grupo de utilizadores.

Para a validação conceptual podem ser utilizados subconjuntos dos métodos apresentados anteriormente, nomeadamente, questionário, *focus group*, *brainstorming*, grupo nominal ou oficina de criação.

### Teste Protótipo

O protótipo é desenvolvido com base nas especificações que emergem da validação conceptual. O principal objetivo da fase teste protótipo é o de avaliar o sistema ou serviço em termos de usabilidade e satisfação. Para tal podem ser utilizados subconjuntos dos métodos anteriormente apresentados. Por exemplo, os dados recolhidos durante o teste protótipo por observadores podem ser registados através do preenchimento de folhas de notas, de grelhas de observação ou de folhas de incidentes críticos.

Na fase teste protótipo a recolha de dados deve ser feita em três momentos diferentes, para os quais têm que ser definidos metas e objetivos específicos:

- Pré-teste.
- Teste.
- Pós-teste.

Os dados recolhidos devem ser objeto de uma análise crítica com o objetivo de redefinir o sistema ou serviço ou decidir que alterações devem ser efetuadas, antes de se avançar para a fase metodológica seguinte.

Eventualmente, caso surja uma nova ideia que precise de ser validada, pode ser conveniente voltar à fase metodológica anterior, a da validação conceptual.

O pré-teste é o primeiro dos três momentos de avaliação que constituem a fase teste protótipo. Para além da necessidade de informar todos os participantes

sobre o que vai ser realizado no momento teste, é possível a aplicação de instrumentos que recolham informação relativa a experiências anteriores, expectativas ou motivações dos diferentes participantes.

A Tabela 15.1 sintetiza a informação referente às dimensões a avaliar no pré-teste.

O segundo momento de avaliação da fase teste protótipo consiste na avaliação *in loco* e em tempo real da interação dos utilizadores com o protótipo. As dimensões a considerar são apresentadas na Tabela 15.2.

O pós-teste é o último dos três momentos de avaliação que constituem a fase teste protótipo. Basicamente consiste no preenchimento de um questionário em que se avaliam a usabilidade do protótipo e o grau de satisfação do participante com a sessão realizada. As dimensões a considerar são apresentadas na Tabela 15.3.

### Teste Piloto

A última fase metodológica consiste no teste piloto. Pretende-se não só avaliar a usabilidade, mas também o grau de satisfação em relação ao sistema ou serviço e, sobretudo, determinar o significado que esse sistema ou serviço tem na vida dos utilizadores. Por este motivo, esta última fase realiza-se no contexto domiciliário ou de trabalho dos utilizadores finais, pretendendo-se assim, tanto quanto possível, uma integração nas suas vidas diárias dos sistemas e serviços a serem avaliados.

O conceito significado está relacionado com as alterações que o sistema ou serviço induz na vida dos seus utilizadores. Assim, para além do facto de o teste piloto ter lugar no contexto domiciliário ou de trabalho dos utilizadores finais e não num ambiente controlado de laboratório, o teste piloto apresenta diferenças fundamentais em relação ao

Tabela 15.1 - Dimensões a avaliar durante o momento pré-teste.

<b>O quê?</b> Usabilidade; Satisfação.
<b>Para quê?</b> Reorientar; Progredir.
<b>Quem?</b> Utilizador.
<b>Variáveis:</b> Experiência anterior; Expectativas; Motivação; Dificuldades esperadas.
<b>Como?</b> Questionário do pré-teste protótipo.
<b>Quando?</b> No início.
<b>Carácter:</b> Orientação.

Tabela 15.2 - Dimensões a avaliar durante o momento teste.

<b>O quê?</b> Usabilidade; Satisfação.
<b>Para quê?</b> Reorientar; Progredir.
<b>Quem?</b> Utilizador.
<b>Variáveis:</b> Participação; Ritmo das atividades; Utilização dos recursos; Ações não previstas.
<b>Como?</b> Gravação para avaliação de incidentes críticos; Notas de campo; <i>Logs</i> de sistema.
<b>Quando?</b> Durante.
<b>Carácter:</b> Orientação.

Tabela 15.3 - Dimensões a avaliar durante o momento pós-teste.

<b>O quê?</b> Usabilidade; Satisfação.
<b>Para quê?</b> Reorientar; Progredir.
<b>Quem?</b> Utilizador.
<b>Variáveis:</b> Resultados previstos; Resultados não previstos.
<b>Como?</b> Questionário de avaliação do pós-teste protótipo.
<b>Quando?</b> No final.
<b>Carácter:</b> Orientação.

teste protótipo na instanciação dos métodos a utilizar para a coleta de dados.

## Sistemas e Serviços *Ambient Assisted Living*

Os sistemas e serviços *Ambient Assisted Living* (AAL) são, à luz da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) [14] da Organização Mundial de Saúde (OMS), facilitadores com impacto na funcionalidade de cada pessoa, possibilitando um melhor desempenho nas atividades e na participação.

No âmbito do LUL, a CIF foi utilizada como referência para o desenvolvimento de instrumentos para as fases validação conceitual e teste protótipo. Adicionalmente, foram desenvolvidos instrumentos para a fase teste piloto com base no mesmo referencial.

## Validação Conceptual

A realização de inquéritos preliminares tem sido recorrente em vários projetos relacionados com o desenvolvimento de sistemas e serviços AAL devido à necessidade de conhecer o perfil global dos utilizadores alvo e de caracterizar as expectativas desses utilizadores relativamente à utilização de novos serviços tecnológicos.

Um questionário especialmente preparado para um inquérito preliminar é, normalmente, constituído pelos seguintes componentes:

- Dados sociodemográficos. Questões relacionadas com os dados pessoais do utilizador, nomeadamente a situação laboral e profissão exercida, o nível de escolaridade, o agregado familiar, a zona de residência, a situação habitacional ou serviços e espaços sociais frequentados.
- Avaliação do estado de saúde. Questões relacionados com condições clínicas,

estado de saúde, avaliação subjetiva do estado de saúde, estado cognitivo e necessidades específicas a nível dos cuidados de saúde. Podem também ser identificadas limitações a nível das funções necessárias para utilizar sistemas de informação (por exemplo, limitação auditiva, visual ou motora).

- Atividades básicas e instrumentais da vida diária. Questões relativas ao modo como são realizadas atividades básicas (por exemplo, tarefas como alimentação ou higiene) e atividades instrumentais (por exemplo, tarefas como fazer compras ou utilizar os transportes públicos).
- Segurança. Questões sobre utilização e equipamentos domésticos e relacionadas com a perceção individual de segurança.
- Atividades sociais, recreativas e passatempos. Questões relacionadas com a participação em atividades de carácter social no âmbito da rede social do utilizador.
- Serviços. Questões relacionadas com a importância, disponibilidade e acesso a serviços formais ou informais.
- Acesso a tecnologias e atitudes face às tecnologias. Questões relacionadas com o acesso e a disponibilidade para utilizar dispositivos tecnológicos. Este ponto tem especial importância a nível do desenvolvimento de sistemas e serviços AAL, pois podem ser identificados aspectos determinantes para a sua aceitação por parte dos utilizadores.
- Utilização de tecnologias. Questões como frequência de utilização, modo de utilização e tipo de tecnologias utilizadas, bem como a caracterização do contexto.

Dependendo do objetivo do estudo o inquérito preliminar pode conter apenas alguns dos pontos descritos anteriores.

O facto de a CIF ter sido utilizada como modelo conceptual de referência refletiu-se nos instrumentos desenvolvidos. Em particular, os inquéritos preliminares desenvolvidos cobrem as componentes de funcionalidade previstas pela CIF.

As Figuras 15.2, 15.3 e 15.4 ilustram aspetos parcelares de inquéritos preliminares desenvolvidos para diversos projetos. A Figura 15.2 ilustra uma questão destinada a determinar os problemas de saúde dos potenciais utilizadores (utilizada no âmbito do projeto *Personal Assistant to Enhance the Social Life of the Seniors* - Paelife [15]). Por sua vez, a Figura 15.3 ilustra uma questão que pretende determinar quais as atividades de vida diária dos respondentes (utilizada no âmbito do projeto *Ambient Assisted Living 4 All* - AAL4ALL [16]). Finalmente, a Figura 15.4 ilustra uma questão que pretende avaliar os fatores contextuais associados à utilização de tecnologias (utilizada no âmbito do projeto *Smartphones for Seniors, Mobile Solutions for Older Adults* - S4S [17]). Neste exemplo, o respondente deve quantificar numa escala graduada de 0 a 10 o quanto determinado fator externo está presente em cada um dos contextos.

A informação proveniente dos inquéritos preliminares serve para a construção de personas e cenários de utilização que, devido à complexidade dos sistemas e serviços AAL, são essenciais para a definição dos requisitos funcionais.

Como já foi referido anteriormente as *personas* são representações de um grupo de potenciais utilizadores que têm características, necessidades e objetivos comuns. As *personas*, apesar de serem personagens fictícias, são baseadas em dados obtidos a partir do estudo da população-alvo [18], nomeadamente através dos inquéritos preliminares já referidos. Segundo Cooper [19], apesar das *personas* serem fictícias devem ser definidas

**Q31. Dos problemas de saúde listados abaixo, por favor, assinale os que se aplicam a si:**

<input type="checkbox"/> Deficiência visual	<input type="checkbox"/> Paralisia (qualquer tipo)	<input type="checkbox"/> Limitação da mobilidade
<input type="checkbox"/> Surdez	<input type="checkbox"/> Amputação de qualquer tipo	<input type="checkbox"/> Limitação de manipulação
<input type="checkbox"/> Deficiência auditiva	<input type="checkbox"/> Tontura frequente	<input type="checkbox"/> Outro
<input type="checkbox"/> Deficiência na fala	<input type="checkbox"/> Limitação de coordenação	

Figura 15.2 - Determinação de problemas de saúde.

Actividades	Qual a opção que melhor se adequa ao seu caso?	Quão importante seria haver uma solução disponível para minimizar as dificuldades identificadas?
Cuidar da casa	<input type="checkbox"/> Cuida da casa sem ajuda <input type="checkbox"/> Faz tudo, excepto o trabalho pesado <input type="checkbox"/> Só executa tarefas leves <input type="checkbox"/> Necessita de ajuda para todas as tarefas <input type="checkbox"/> Incapaz de fazer alguma tarefa	[1] ○ ○ ○ ○ ○ [5]

Figura 15.3 - Avaliação das atividades instrumentais de vida diária.

		Fatores externos			
Local	Não utiliza/ Não aplicável	Ruído	Iluminação	Movimento	Estímulos sensoriais múltiplos
Casa					
Trabalho					

Figura 15.4 - Avaliação de fatores contextuais na utilização de tecnologias.

com rigor e precisão. Os detalhes são importantes para tornar efetiva a aproximação dos sistemas e serviços resultantes aos seus potenciais utilizadores.

Em contextos de desenvolvimento de sistemas e serviços AAL, em que os potenciais utilizadores são pessoas idosas, a condição de saúde é um fator de extrema rele-

vância [20]. No âmbito do LUL, tendo em conta que o desenvolvimento de sistemas e serviços AAL visa a melhoria da funcionalidade das pessoas idosas, as personas foram criadas tendo como referencial a CIF. Tal permite:

- Utilizar os conceitos associados à funcionalidade: estruturas do corpo, fun-

ções do corpo (por exemplo, tem boa memória), atividades (por exemplo, não ouve o auscultador do telefone), participação (por exemplo, sai com os amigos) e fatores pessoais e ambientais (por exemplo, contexto ruidoso que dificulta a utilização do telefone).

- Considerar aspetos relevantes relacionados com a condição de saúde e que podem condicionar a utilização do sistema ou serviço: a condição de saúde não deve ser entendida apenas como doença, mas também como especificidades que estão presentes na *persona* e que irão condicionar a sua utilização do sistema ou serviço.

Os pontos que foram considerados para a criação das *personas* são apresentados em seguida:

- Fatores pessoais. Características da pessoa e histórico particular da sua vida e do seu estilo de vida. Por exemplo, gosta de azul, prefere interação por voz, julga ser um perito na área da moda ou é divertido.
- Condição de saúde. Termo genérico para doenças (agudas ou crónicas), perturbações, lesões ou traumatismos. Pode incluir também outras circunstâncias como envelhecimento, *stress*, anomalia congénita, ou predisposição genética. Por exemplo, tem dificuldades de movimento no membro superior direito e sofre de lombalgia (dores lombares).
- Rotina diária. Planeamento, gestão e respostas às exigências das tarefas e das obrigações do dia a dia. Por exemplo, acorda às 07h30m, toma banho, toma pequeno-almoço, almoça às 13h com a esposa e filha e faz caminhadas ao final da tarde.
- Tipo de atividade. Execução de uma tarefa ou ação. Por exemplo, comprar

um livro, escrever uma carta, realizar um exercício mental ou aspirar o pó.

- Tipo de participação. Envolvimento da pessoa numa situação da vida real. Por exemplo, evento social, trabalho, atividade educativa ou gestão doméstica.

A Tabela 15.4 apresenta um exemplo de uma *persona*.

O cenário é um método utilizado no projeto centrado no utilizador que visa auxiliar no desenvolvimento de sistemas e serviços. Consiste na descrição de uma narrativa de eventos ou situações vivenciadas pela *persona* definida. A ênfase deve ser dada às atividades e tarefas que são executadas nesses eventos [21].

Os cenários devem responder a questões como:

- Identificação do problema. Identificação da situação atual, situações ou eventos (positivos ou negativos) que têm impacto nas atividades das *personas*. Por exemplo, o atendimento da chamada é automático o que facilita a tarefa ou o teclado é pequeno o que dificulta a marcação do número.
- Requisitos de dados. As unidades de informação que o sistema necessita de incorporar. Por exemplo, numa aplicação de correio eletrónico, os elementos básicos podem ser mensagens ou endereços.
- Requisitos de funcionalidade. Ações que o sistema deve ser capaz de realizar, a informação que precisa de apresentar, assim como quais os requisitos tecnológicos que podem ter importância no desempenho do sistema. Por exemplo, no caso de um serviço de videotelefonia, o tipo de *interface* disponível ou o *feedback* fornecido.
- Requisitos de interação. Detalhes dos mecanismos de gestão de interação que

Tabela 15.4 - Exemplo de uma persona.

Persona - Anselmo Pires
<p>Persona: Primária.  Nome: Anselmo Pires.  Idade: 69 anos.</p> <p>O Sr. Anselmo vive em Matosinhos, com a sua esposa Marieta Pires.</p> <p>Tem a quarta classe e tem conhecimentos básicos em computadores. É sócio gerente de uma transportadora.</p> <p>Recentemente teve um episódio de internamento no hospital por suspeita de enfarte do miocárdio. O médico de família recomendou que começasse a fazer exercício físico e que diariamente monitorizasse a sua tensão arterial.</p> <p>Tem por hábito levantar-se cedo. Não toma o pequeno-almoço em casa, prefere tomar a meio da manhã na pastelaria perto do escritório. Fica a trabalhar até às 20h. Por volta das 20h30m janta com esposa em casa.</p> <p>Ao fim de semana anda de bicicleta com o filho mais velho. Tem um neto com 22 anos e semanalmente jogam xadrez, um hábito iniciado nas primeiras férias escolares do neto!</p>

Tabela 15.5 - Exemplo de um cenário.

Cenário para a <i>Persona</i> Anselmo Pires
<p>Todos os dias o Sr. Anselmo inicia o trabalho às 9h e a primeira coisa que faz é verificar a localização dos transportes mais urgentes para aquele dia. Como é uma pessoa ativa, gosta de receber oralmente esta informação enquanto despacha ofícios que a secretária lhe deixou no dia anterior. Hoje o Sr. Anselmo está aborrecido pelo atraso de dois camiões que ficaram retidos na Suíça devido a condições atmosféricas adversas. Tem seguido com particular interesse a informação meteorológica daquela zona e acionou a funcionalidade de alerta sonoro para quando os camiões retomarem a viagem. Mas chegada a noite, ainda não teve informação dos seus camiões!</p> <p>Tem um jantar de família para comemorar os 25 anos de casado com a sua Marieta, pelo que desativa a opção sonora e ativa a opção de texto e vibração.</p> <p>Uma vez por semana, à noite, joga xadrez <i>online</i> com o neto, de modo a continuarem a manter um contacto regular e de competição saudável. Agora que o neto está em Londres gostava de manter o contacto e relacionamento familiar estreito.</p> <p>Como tem que monitorizar diariamente a tensão arterial, decidiu instalar uma aplicação para o ajudar nesta monitorização. Está indeciso, pois tem que ter uma instalação e utilização fácil.</p>

podem variar consoante o cenário elaborado, mesmo mantendo as características da *persona*. Por exemplo, o Sr. António gosta de utilizar o teclado, mas quando está a conduzir utiliza a voz como interação (o Sr. António é o mesmo, o contexto de utilização é que varia).

- Outros requisitos como, por exemplo, requisitos de negócio, corporativos, ou de cliente. Por exemplo, estruturas de preço, facilidade de instalação, e características da empresa que se gostariam de ver refletidas no sistema ou serviço.

A Tabela 15.5 apresenta um exemplo de cenário.

## Teste Protótipo do Serviço TeleReabilitação

Para exemplificar a elaboração de instrumentos de avaliação para a fase teste protótipo pode-se recorrer ao serviço *TeleReabilitação* descrito num outro capítulo deste livro e que se destina à realização de sessões de exercício físico supervisionadas por um prestador de cuidados formais de saúde.

A realização do processo de avaliação do teste protótipo tem que considerar os aspetos conceptuais operacionais e logísticos enumeradas anteriormente, nomeadamente:

- Definição de objetivos e metas: recolher dados relativamente à satisfação e usabilidade do serviço *TeleReabilitação* e das várias funções disponibilizadas.

- Planeamento da recolha de dados: registo vídeo e preenchimento de questionários e folhas de campo.
- Momentos de avaliação: pré-teste (fornecimento aos participantes de toda a informação necessária, imediatamente antes da sessão de teste propriamente dita e aplicação de um instrumento de avaliação inicial), teste (avaliação *in loco* e em tempo real da interação dos utilizadores com o serviço *TeleReabilitação*) e pós-teste protótipo (aplicação de instrumentos que pretendem avaliar aspetos como a usabilidade do protótipo do serviço *TeleReabilitação* e o grau de satisfação dos utilizadores sobre a interação com o serviço).
- Instrumentos de avaliação: cada momento de avaliação tem os seus instrumentos específicos. Por exemplo, na fase teste deve ser preenchida uma grelha de avaliação e no pós-teste terá que existir um questionário para avaliar a usabilidade e o grau de satisfação do participante.
- Critérios de seleção da amostra: a amostra deve ser selecionada tendo em conta fatores como a idade, género, visão e audição, mobilidade, autonomia e independência, condição de saúde ou domínio do problema. No serviço *TeleReabilitação*, no que respeita ao fator mobilidade, por exemplo, o desejável é que esta não esteja comprometida, e que os participantes sejam capazes de realizarem a maioria dos exercícios de programas de atividades físicas adequados a pessoas idosas. Um outro exemplo pode ser o fator domínio do problema para quem está a acompanhar a realização dos exercícios de atividades físicas que, preferencialmente, deve possuir um bom nível de maturidade tecnológica, formação superior nas áreas de fisioterapia, gerontologia, terapia ocupacional ou afins, e experiência em programas de atividades físicas para pessoas idosas.
- Recursos humanos: os recursos humanos envolvidos na avaliação do serviço *TeleReabilitação* dependem do tamanho da amostra, mas devem considerar sempre, para além dos participantes envolvidos, observadores responsáveis por acompanharem os utilizadores ao longo da sessão, ministrarem os instrumentos de avaliação e registarem as observações pertinentes durante a sessão e que devem ter competências no domínio de reabilitação.
- Equipamento e material necessário: material logístico para aplicação dos instrumentos de avaliação e registo de informação, e o material diretamente relacionado com o serviço *TeleReabilitação*, como dispositivos de som, *Kinect*, sensores de monitorização de sinais vitais, entre outros.
- Instalações necessárias: A definição dos requisitos das instalações deve basear-se nas atividades a realizar. O pré-teste e o pós-teste protótipo devem realizar-se numa sala pequena ou média, sem ruídos externos, e que se propicie à aplicação dos instrumentos de avaliação. Por sua vez, o teste protótipo propriamente dito deve realizar-se no próprio laboratório LUL onde deve estar instalado o equipamento associado ao serviço *TeleReabilitação*.
- Descrição da sessão: o modo como se realiza cada momento de avaliação deve estar claramente descrito. Por exemplo a avaliação teste protótipo pode ser constituída por: i) introdução, o avaliador entrega o guião de sessão e a folha de descrição aos utilizadores, explicando oralmente a informação neles contida com especial atenção para a descrição

do protótipo do serviço *TeleReabilitação*; ii) preparação para as tarefas, o avaliador explica detalhadamente as tarefas a realizar; iii) tarefas, a pessoa idosa executa os diferentes exercícios.

- Análise dos dados: o modo como a análise dos dados é feita também deve estar descrito. Por exemplo, no final da sessão o avaliador deve proceder a uma análise preliminar (descritiva e de conteúdo) dos dados resultantes dos diferentes momentos de avaliação e registar as principais conclusões nas folhas de sumário.

Tendo em conta a heterogeneidade do pessoal qualificado e participantes envolvidos no teste protótipo é fundamental a uniformização da terminologia a utilizar. A metodologia de avaliação prevê termos genéricos (nomeadamente, utilizador, cliente, prestador de serviço, produto, serviço, *persona*, cenário, tarefa ou cena) que devem ser adequados ao serviço ou produto em questão. A Tabela 15.6 ilustra um exemplo de adaptação da terminologia genérica ao serviço *TeleReabilitação*.

No âmbito do LUL considera-se fundamental que a avaliação de sistemas e serviços AAL contemple a funcionalidade da pessoa e os respetivos fatores ambientais, discriminando entre facilitadores e barreiras assegurando assim, a adequação das soluções tecnológicas e dos serviços nelas suportados. Por isso, os instrumentos desenvolvidos com base no quadro conceptual da CIF recorrem

Tabela 15.6 - Terminologia adotada.

<b>Termo:</b>	Prestador de serviço.
<b>Definição:</b>	Aquele que se relaciona com o cliente.
<b>Exemplos:</b>	Fisioterapeuta; Gerontólogo.

aos qualificadores da própria CIF para os fatores ambientais (ver Figura 15.5): barreira ou facilitador.

Esta chave de resposta foi utilizada em diversos componentes dos questionários desenvolvidos para o teste protótipo. Sempre que for identificada uma barreira, deve ser apresentado um conjunto de categorias pré-definidas das quais deverão ser assinaladas as que corresponderem à razão desse componente atuar como uma barreira, e deverá ser registada a informação adicional que os utilizadores referirem (resposta aberta). Este procedimento deve ser realizado para todos as barreiras identificadas. Tal está exemplificado na Figura 15.6.

A construção de instrumentos de avaliação adequados requer ainda que se considere:

- A decomposição do sistema ou serviço.
- A avaliação das funções dos diferentes componentes.
- Avaliação de usabilidade do sistema ou serviço.

Barreira			Facilitador		
Grande	Média	Pequena	Pequeno	Médio	Grande
-3	-2	-1	+1	+2	+3

Figura 15.5 - Chave de resposta baseada nos qualificadores da CIF.

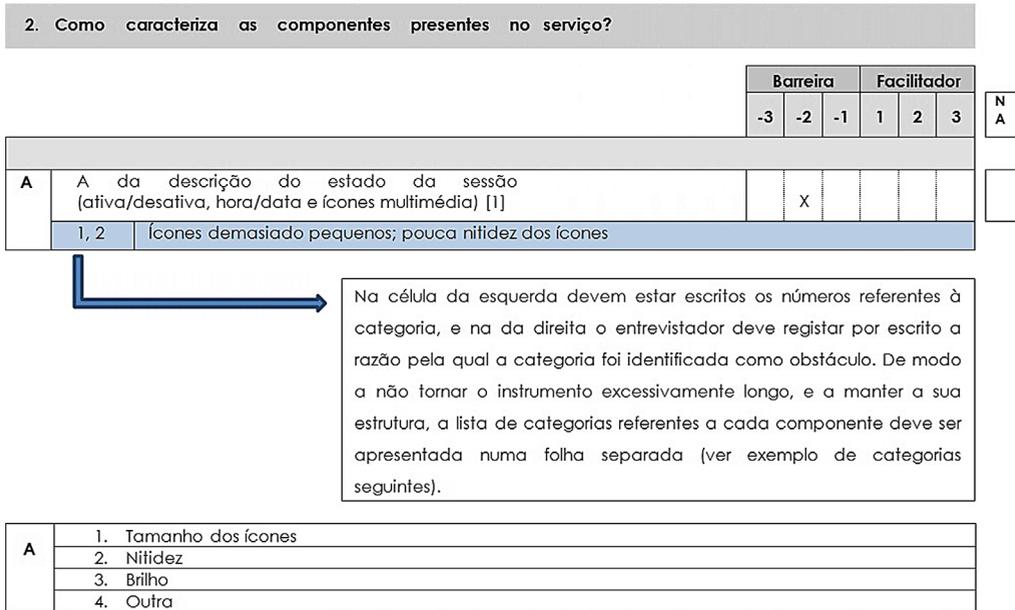


Figura 15.6 - Exemplo de informação adicional requerida quando é detetada uma barreira.

- A avaliação da adequação do sistema ou serviço
- A avaliação do grau de satisfação dos utilizadores finais.
- O levantamento de sugestões para aperfeiçoamentos em termos de usabilidade e funções do sistema ou serviço.
- O levantamento de sugestões globais para o aperfeiçoamento do sistema ou serviço.

Assim sendo, a *interface* gráfica do serviço *TeleReabilitação* pode ser decomposta em componentes como ilustra a Figura 15.7:

- O componente 1 corresponde à descrição do estado da sessão.
- O componente 2 corresponde à indicação dos exercícios a realizar.
- O componente 3 corresponde às indicações fornecidas ao prestador de serviço.
- O componente 4 corresponde à visuali-

zação da autoimagem do utilizador que está a realizar o exercício físico.

- O componente 5 corresponde à conversação com o prestador de cuidados formais de saúde.
- O componente 6 corresponde à lista de comandos.

Com base no modelo apresentado na Figura 15.6 foram elaboradas questões para cada um dos componentes. Por exemplo, para a avaliação das funções do serviço uma possível questão é a seguinte:

- Como caracteriza a descrição dos exercícios a realizar?

No que diz respeito à avaliação de usabilidade, foram enumeradas as funções presentes no sistema ou serviço quer em termos de *input* como *output* e incluída uma questão genérica para avaliação da organização

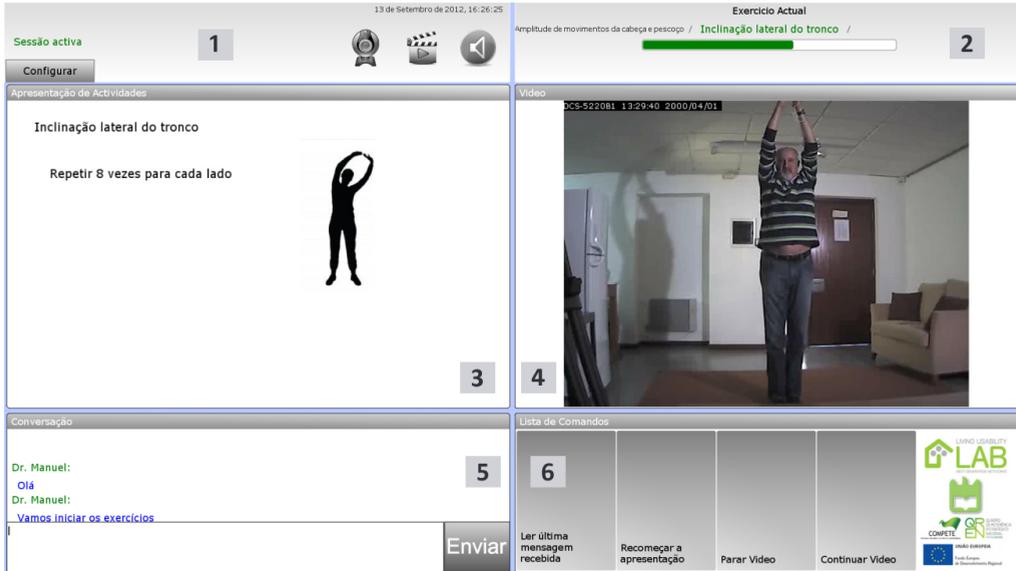


Figura 15.7 - Componentes da interface gráfica dos utilizadores.

e funcionamento do serviço. Como modalidades de *input* considerou-se o reconhecimento de voz e a interação por toque e como modalidades de *output* considerou-se o som e a imagem.

A Figura 15.8 apresenta a avaliação de usabilidade da função de saída som e a Figura 15.9 apresenta a avaliação da função de entrada reconhecimento de voz. Para a avaliação de cada função é necessário considerar todos os fatores que podem interferir.

O levantamento de sugestões em termos de funções e usabilidade para o aperfeiçoamento do sistema ou serviço é feito com recurso a uma questão de resposta aberta no final das questões referentes à avaliação das funções disponíveis, da usabilidade e da satisfação:

- Na sua opinião, o que adicionava/eliminava/alterava no serviço *TeleReabilitação* de modo a melhorá-lo?

Uma vez que se tratam de questões de resposta aberta, os participantes têm liber-

		Barreira			Facilitador			
		-3	-2	-1	1	2	3	N/A
i. Som								
A	<input type="radio"/> som emitido foi							<input type="checkbox"/>
B	<input type="radio"/> posicionamento das colunas foi							<input type="checkbox"/>

Figura 15.8 - a avaliação de usabilidade da função de saída som.

		Barreira			Facilitador			
		-3	-2	-1	1	2	3	N/A
ii. Reconhecimento de voz								
A	A interação com o serviço por reconhecimento de voz foi							<input type="checkbox"/>

Figura 15.9 - Avaliação de usabilidade da função de entrada reconhecimento de voz.

dade para focar aspetos que não foram previstos pela equipa de investigação, o que permite enriquecer a recolha de dados.

Para a avaliação do grau de satisfação dos utilizadores finais, foram criadas um conjunto de questões relativas à satisfação com o serviço, com a interação, e com a ses-

são de exercício físico monitorizada remotamente. Por exemplo, uma das questões incluídas nesta secção é:

- Qual a sua satisfação em relação à interação com o serviço *TeleReabilitação*?

A chave de resposta é constituída por uma escala *Likert* de 1 a 4, correspondendo a uma gradação de nada satisfeito, pouco satisfeito, satisfeito e muito satisfeito, respetivamente.

Finalmente, para a avaliação do impacto do produto e serviço foram elaboradas questões globais com uma chave de resposta baseada no modelo conceptual CIF, que permite classificar o seu nível de facilitador ou barreira como, por exemplo, a utilização futura do serviço *TeleReabilitação*.

## Conclusão

O desenvolvimento de metodologias de suporte ao LUL não é um processo acabado. Para além de ser necessário afinar as diferentes fases, em função de resultados experimentais, é preciso desenvolver um conjunto lato de instrumentos de avaliação, nomeadamente os necessários para a fase piloto. Adicionalmente, os processos e instrumentos de avaliação têm que ser complementados com manuais de qualidade.

Independentemente do muito trabalho ainda a ser feito, pode-se concluir, em consequência da avaliação do serviço *TeleReabilitação*, que é possível utilizar o modelo conceptual CIF para o desenvolvimento de instrumentos de avaliação adequados aos sistemas e serviços AAL.

Os instrumentos desenvolvidos são úteis no sentido de discriminar facilitadores e barreiras. Adicionalmente, a aplicação de questões que ajudem a compreender a razão pela qual um determinado componente atua

como um facilitador ou uma barreira podem permitir orientações precisas do que deve ser alterado para melhorar a usabilidade desse componente.

De acordo com o inicialmente previsto, a metodologia LUL está a ser utilizada num conjunto de projetos da área do AAL [15,16,17].

## REFERÊNCIAS

1. Living Lab Handbook, <http://ve-forum.org/apps>. 2009.
2. Pallot M, Trousse B, Senach B, Antipolis S, Richir S, Ruyter B, et al. Newsletter Special Issue Dedicated to Living Labs. ECOSPACE Newsletter. 2009; 5.
3. ISO 9241-210: Ergonomics of Human-System Interaction - Part 210: Human-Centred Design for Interactive Systems. Geneva: International Organization for Standardization; 2010.
4. Moutzi V, Wills C. Utilizing Living Labs Approach for the Validation of Services for the Assisting Living of Elderly People. 3rd IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies; Istanbul; 2009.
5. Study on the Potential of the Living Labs Approach Including its Relation to Experimental Facilities for Future Internet Related Technologies. Bruxelas; European Commission; 2009.
6. Ivory, M. and M. Hearst, The State of the Art in Automating Usability Evaluation of User Interfaces. *Journal ACM Computing Surveys*. 2001; 33 (4): 470-516.
7. Greenbaum, T. *The Handbook for Focus Group Research*. Sage Publications, Incorporated; 1997.
8. Ai H, Weng F. User Simulation as Testing for Spoken Dialog Systems. 9th SIGdial Workshop on Discourse and Dialogue; Columbus; 2008.
9. Aoyama M. Persona-Scenario-Goal Methodology for User-Centered Requirements Engineering. 15th IEEE International Requirements Engineering Conference; Nova Deli; 2007.
10. Ziv A, Wolpe P, Small S, Glick S, et al. Simulation-Based Medical Education: an Ethical Imperative. *Academic Medicine*. 2003; 78(8): 783-788.

11. Brandt J, Weiss N, Klemmer S. Txt 4 l8r: Lowering the Burden for Diary Studies under Mobile Conditions. 2007 Computer Human Interaction Conference; San Jose; 2007.
12. Tomitsch M, Singh N, Javadian G. Using Diaries for Evaluating Interactive Products: the Relevance of Form and Context. 22nd Conference of the Computer-Human Interaction Special Interest Group; Brisbane; 2010.
13. Bernsen N, Dybkjaer L. Multimodal Usability. Londres: Springer; 2009.
14. The International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). Geneva: World Health Organization; 2001.
15. Personal Assistant to Enhance the Social Life of the Seniors (Paelife). Lisboa: Fundação para a Ciências e Tecnologia; 2011.
16. Padrão de Cuidados Primários para Serviços de AAL (AAL4ALL). Lisboa: Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico, Projetos de I&DT Empresas em co-promoção, SI I&DT nº 13852); 2011.
17. Smartphones for Seniors, Mobile Solutions for Older Adults (S4S). Lisboa. Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico, I&D em Co-promoção - Projeto nº 21541; 2011.
18. Pruitt J, Grudin, J. Persons: Practice and Theory. 2003 Conference on Designing for User Experiences; S. Francisco; 2003.
19. Cooper A. The Inmates are Running the Asylum: Why High-Tech Products Drive us Crazy and how to Restore the Sanity. Upper Saddle River: Pearson Education; 2004.
20. Blythe M, Dearden A. Representing Older People: Towards Meaningful Images of the User in Design Scenarios. Universal Access in the Information Society. 2009; 8(1): 21-32.
21. Rosson M, Carroll J. Scenario-Based Design. In: Julie A, Andrew S, editors. The Human-Computer Interaction Handbook L. Erlbaum Associates Inc; 2003: 1032-1050.



**PARTE 4**

# Perspectivas Futuras



# Perspetivas Futuras

Nelson Pacheco da Rocha<sup>1,4</sup>, António Teixeira<sup>2,4</sup>, Alexandra Queirós<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Secção Autónoma de Ciências da Saúde, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>3</sup>Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

<sup>4</sup>Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

## Desafios

Os grandes desafios que se colocam, hoje, aos sistemas de saúde e de segurança social relacionam-se com questões de sustentabilidade: apesar das limitações dos orçamentos públicos, os sistemas não podem diminuir a quantidade e qualidade dos serviços prestados, porquanto as necessidades, exigências e expectativas são cada vez maiores, nomeadamente devido ao envelhecimento demográfico.

Por um lado, o envelhecimento demográfico exige mudanças significativas em termos organizativos que permitam a evolução de uma perspetiva de cuidados centrados nas instituições para uma perspetiva de cuidados centrados no bem-estar geral dos cidadãos [1]. Por outro lado, dada a pressão atual resultante dos custos dos sistemas de saúde e de segurança social são necessárias, num contexto de incertezas e mudanças

rápidas, medidas estruturantes para incrementar a eficácia e a eficiência dos sistemas de saúde e de segurança social [2].

Para atender a novos padrões de procura, enquanto se assegura, com os recursos suficientes, a igualdade de acesso a serviços adequados, é necessário existir uma integração e continuidade de cuidados [3]. Para isso os sistemas de saúde e de segurança social precisam promover uma maior descentralização e fomentar a partilha de responsabilidades e de recursos, pelo que é muito relevante pensar em mecanismos eficientes de cooperação entre as instituições assistenciais, os profissionais e os próprios utentes e as suas redes de suporte [3, 4]. Tal debate é urgente, a fim de otimizar a eficácia e eficiência de sistemas de saúde e de segurança social.

Como o objetivo dos cuidados integrados é o de providenciar serviços menos orientados à oferta e mais focados nas neces-

sidades dos cidadãos, então a integração de cuidados pode contribuir para a personalização dos serviços.

O conceito personalização pode ser entendido como a customização individual do processo de cuidar, em termos de diagnóstico, terapêutica e apoio. Por exemplo, a medicina personalizada é um modelo médico baseado em processamento de informação para definir decisões e terapêuticas individualizadas (recorrendo a informação genética ou outra), integrando a medicina com as tecnologias de informação e comunicação, nomeadamente em termos de engenharia biomédica, bioinformática ou informática médica [5].

No entanto, a personalização de cuidados pode também significar a empoderamento (*empowerment*) do cidadão comum, permitindo-lhe o envolvimento ativo no seu percurso individual de saúde, o que também contribui para os objetivos genéricos de eficácia e eficiência dos sistemas de saúde e de segurança social.

### O Papel do *Ambient Assisted Living*

É comumente aceite que o paradigma *eHealth* pode contribuir tanto para a sustentabilidade dos sistemas saúde e de segurança social como para o empoderamento dos cidadãos. Considerando a integração e personalização de cuidados, a existência de serviços *eHealth* é essencial para providenciar uma melhor gestão e alocação de recursos, de acordo com as necessidades dos utentes, dos prestadores de cuidados e as das instituições assistenciais, considerando os seus diferentes níveis organizacionais [3].

Embora existam muitos conceitos diferentes associados à visão *eHealth* [6], esta pode ser entendida como a prestação de serviços, independentemente da localização

física dos atores e recursos envolvidos no processo de cuidar e dos momentos temporais em que os serviços são prestados [1].

No âmbito do paradigma *eHealth*, os sistemas *Ambient Assisted Living* (AAL) podem ajudar a manter ou aumentar o desempenho dos indivíduos num amplo espectro de atividades e participação, nomeadamente cuidados pessoais, tarefas domésticas, auto-administração, planeamento de atividades, aconselhamento, estabelecimento e manutenção de contactos com outras pessoas e, em geral, em passar o dia (através do envolvimento em atividades de lazer) e participação social [7].

Os sistemas AAL devem suportar serviços de cuidados e assistência inerentemente dinâmicos e capazes de complementar, de forma interativa, os prestadores de cuidados humanos, ou seja, os serviços AAL resultantes devem combinar tanto os recursos humanos como as mais-valias tecnológicas disponíveis.

Uma gama significativa de sistemas AAL está relacionada com dispositivos biomédicos que podem ser utilizados tanto em ambientes clínicos como na casa das pessoas, suavizando a transição entre os dois ambientes [1]: sensores capazes de monitorarem os parâmetros fisiológicos, infraestruturas para a comunicação que permitam a distribuição de funções de processamento de dados (por exemplo, gestão de alertas, registos cumulativos ou processamento e apresentação de vários parâmetros) e sistemas de apoio à decisão, nomeadamente para o reconhecimento e tratamento de situações de emergência.

Por outro lado, os sistemas AAL são projetados para adquirirem informação de contexto, combinarem múltiplas fontes de informação (por exemplo, informação sobre o ambiente físico ou social) e fazerem previsões baseadas em padrões para serem

capazes de acompanharem as pessoas (por exemplo, localização, deteção de atividades, presença de outras pessoas, comportamentos ou atividades pessoais e sociais).

Isto significa que os dispositivos inteligentes apresentam um enorme potencial, nomeadamente em termos de geração e gestão de informação associada à mediação entre os utentes, os prestadores de cuidados e as instituições.

## Trabalho Futuro

Tal como foi referido no primeiro capítulo deste livro, como ponto de partida para a implementação do projeto *Living Usability Lab for Next Generation Networks* considerou-se que o desenvolvimento de sistemas e serviços AAL pressupõe um conjunto de utilizadores diversificado, tarefas muito variadas e diferentes contextos de utilização. Assim, com a implementação do *Living Usability Lab* (LUL) pretendeu-se enfatizar perspetivas inovadoras de desenvolvimento de sistemas e serviços AAL que envolvam não apenas os profissionais tecnológicos, mas também todos os potenciais interessados, sejam eles os futuros utilizadores dos serviços, os prestadores de cuidados formais e informais, as instituições assistenciais, os centros de ensino e investigação, as agências financiadoras, as entidades governamentais e locais, os fornecedores tecnológicos ou a indústria.

No entanto, o desenvolvimento de serviços suportados em sistemas AAL não deve ser encarado meramente sob ponto de vista tecnológico. É preciso contextualizá-los numa perspetiva de integração e personalização de cuidados e inseridos num ecossistema extremamente complexo. Em particular, os serviços AAL devem contribuir para a otimização da colaboração entre múltiplas unidades assistenciais e prestadores de cuidados.

tiplas unidades assistenciais e prestadores de cuidados.

Os diversos serviços AAL de cuidado e assistência têm que ser integrados em ambientes colaborativos capazes de permitir a cooperação entre múltiplos atores, quer em cuidados de longo termo, quer em missões específicas limitadas no tempo. Isto pressupõe que é preciso ir além do desenvolvimento de serviços como o *TeleReabilitação* descrito num dos outros capítulos deste livro.

Como a informação é um requisito essencial, quer para a eficácia e eficiência dos sistemas de saúde e segurança social, quer para o empoderamento dos cidadãos, o potencial dos serviços AAL pode aumentar se forem criadas condições para integrar tanto a informação proveniente dos prestadores de cuidados, como a dos próprios utentes e a dos dispositivos inteligentes. Tal significa integrar a informação recolhida pelos sistemas e serviços AAL com os *Personal Health Records* (PHR) [8] e os repositórios institucionais, quer estes sejam Registos de Saúde Eletrónicos (RSE) [9] ou *Electronic Social Records* (ESR) [10]. Assim, os sistemas e serviços AAL podem desempenhar um papel fulcral no âmbito do *continuum eHealth*, onde a informação pessoal, clínica e de carácter social pode ser utilizada em toda uma gama que vai desde a gestão de estilo de vida até à hospitalização ou institucionalização (Figura 16.1) [11]. Deste modo o ALL pode promover a integração e personalização de cuidados, contribuindo para assegurar a qualquer pessoa o acesso ao tipo e intensidade de cuidados que ela realmente precisa nos momentos e locais mais apropriados, de acordo com as suas necessidades específicas.

Neste particular, a implantação de serviços de AAL precisa de mecanismos que permitam a aquisição, a gestão e a distribuição

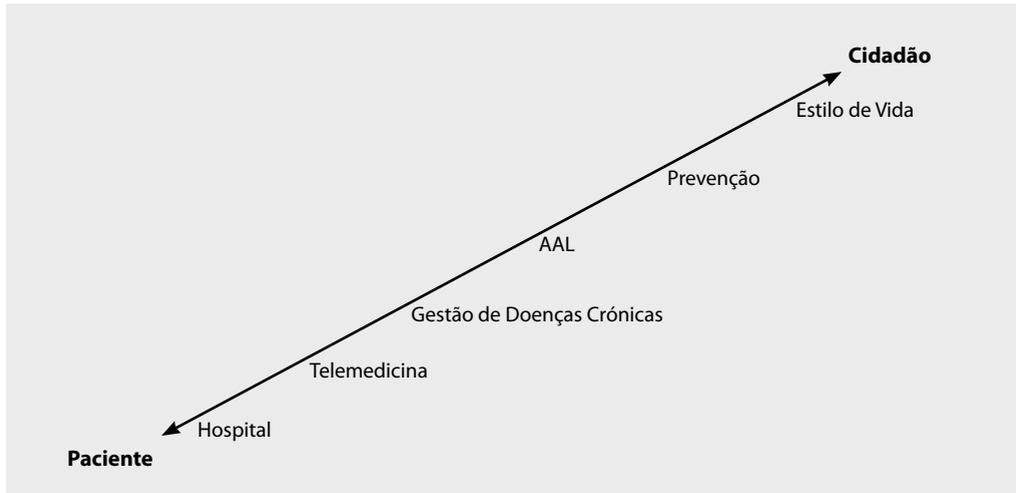


Figura 16.1 - O continuum eHealth [11].

de uma vasta gama de objetos de informação de acordo com as exigências e necessidades dos utentes, prestadores de cuidados formais e informais, e instituições assistenciais.

O intercâmbio e a partilha de informação requerem a existência de arquiteturas interoperáveis. A interoperabilidade deve facilitar a transferência de informação automaticamente entre entidades e prestadores distintos. No entanto, apesar de todos os avanços em termos de interconexão de sistemas e mecanismos de interoperabilidade, a heterogeneidade semântica da informação continua a ser um problema de difícil resolução, mesmo que apenas consideremos os RSE. Os PHR, os ESR e a informação gerada pelos sistemas e serviços AAL introduzem questões de interoperabilidade adicionais.

## Conclusão

A capacidade dos sistemas e serviços AAL em adquirirem e combinarem múltiplas fontes de informação, nomeadamente informação relacionada com as atividades e partici-

pação dos indivíduos, deve ser considerada em termos da prestação de serviços de saúde e de âmbito social. Por conseguinte, nas implementações AAL são necessários mecanismos que permitam a aquisição, a gestão e a distribuição de uma vasta gama de objetos de informação e que potenciem a cooperação de múltiplos prestadores e entidades.

Fatores humanos e organizacionais complexos podem impedir ou acelerar a visão de cuidados integrados e personalizados. Muitos desafios exigem o envolvimento de múltiplas partes interessadas (por exemplo, cidadãos, futuros utilizadores dos novos sistemas e serviços, prestadores de cuidados formais e informais, instituições assistenciais, centros de ensino e investigação, agências financiadoras, entidades governamentais e locais, e a indústria), os quais devem desempenhar um papel chave no desenvolvimento de tecnologias e contribuir para que sejam ultrapassadas as barreiras que possam impedir a sua adoção generalizada. Neste contexto, é previsível um papel importante para o LUL.

### REFERÊNCIAS

1. Blobel B. Architectural Approach to eHealth for Enabling Paradigm Changes in Health. *Methods of Information in Medicine*. 2010; 49 (2): 123-134.
2. Codagnone C. *Reconstructing the Whole: Present and Future of Personal Health Systems*. PHS2020. Bruxelas: European Commission; 2009.
3. Dias A, Queirós A. *Integração e Continuidade de Cuidados, Plano Nacional de Saúde, 2011-2016*. Lisboa: Alto Comissariado para a Saúde; 2010.
4. Camarinha-Matos L, Afsarmanesh H. Collaborative Ecosystems in Ageing Support, Adaptation and Value Creating Collaborative Networks. 12th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises; 2011; São Paulo.
5. Bos L. pHealth. 9th International Conference on Wearable Micro and Nano Technologies for Personalized Health; 2012; Porto.
6. Eysenbach G. What is e.health? *Journal of Medical Internet Research*. 2001; 3 (2).
7. Genet N, Boerma W, Kringos D, Bouman A, Francke A, Fagerström C, Melchiorre M, Greco C, Devillé W. Home Care in Europe: a Systematic Literature Review. *BMC Health Services Research*. 2011; 11 (207).
8. Rigby M. Integrating Health and Social Care Informatics to Enable Holistic Health Care. 9th International Conference on Wearable Micro and Nano Technologies for Personalized Health; 2012; Porto.
9. Redesigning Health in Europe for 2020. eHealth Task Force Report. Bruxelas: European Commission; 2012.
10. Defining the Electronic Social Care Record. Londres: Information Policy Unit - Social Care Department of Health; 2004.
11. Boye N. Co-production of Health Enabled by Next Generation Personal Health Systems. 9th International Conference on Wearable Micro and Nano Technologies for Personalized Health; 2012; Porto.
12. Yli-Hietanen J, Niiranen S. Towards Open Information Management in Health Care. *The Open Medical Informatics Journal*. 2008; 2: 42-48.





# Índice Remissivo

## A

- Acessibilidade 56
- Ambient Assisted Living 4, 238
  - Arquitetura de Desenvolvimento 124
  - Arquitetura de Dispositivos Orientada a Serviços 127
- Caracterização 80
- Definição 58, 75
- Interação 103–104
  - Interação Amigável 103
  - Interação Multimodal 153–155
  - Níveis de Requisitos de Interação 104
- Modelo Conceptual 92
  - Avaliação 97–98
  - Modelos de Utilizadores 95
  - Serviços Complexos 93–95
- Revisão Sistemática da Literatura
  - Discussão 80
  - Metodologia de Análise 76
  - Metodologia de Pesquisa 76
  - Resultados 77–80
- Sistemas e Serviços 101–103, 223–226
- Ambient Intelligence 101
- Ambient Intelligence for the Networked Home Environment. *ver* Amigo
- Amigo 131
- Arquitetura de Dispositivos Orientada a Serviços 127
- Arquiteturas Orientadas a Serviços 93, 113, 126

## C

- Ciências Cognitivas 65
- Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde 89–95
- Cloud Computing 116, 128, 148, 202
- Common Access Profile 96
- Common Ontological Framework 132
- Comunicação Social
  - Estratégias de promoção do envelhecimento ativo 40
- Continuum eHealth 239
- Corpus de Fala de Pessoas Idosas para o Português Europeu 174–177

## D

- Deficiência
  - Acessibilidade 56
  - Definição 54
  - Tecnologias de Apoio 54
- Design for all. *ver* Projeto Universal
- Doar a Voz 175

## E

- eHealth 201, 238
  - continuum 239
- Envelhecimento 25–27, 167–168
  - Aparelho Fonador
    - Alterações Laríngeas 169
    - Alterações Supra-Laríngeas 171
    - Análise Acústica da Fala 172–174
    - Sistema Respiratório 169
  - Envelhecimento Ativo
    - Conceito Atual 31–32, 109–110
    - Saúde e Qualidade de Vida 111
    - Vida Independente 110
    - Atividades da Vida Diária 110
  - Estratégias de Promoção 33–35
    - Comunicação Social 40
    - Mercado de Trabalho 35
    - Sistema de Educação 38
    - Sistema de Saúde 36
    - Sistema de Segurança Social 37
  - Evolução do Conceito 27–30
  - Situação em Portugal 41–43
- Envelhecimento Demográfico
  - Causas 15
  - Consequências 21–22
  - Estatísticas 16
  - Impacto Socioeconómico 17–20
    - Estrutura Familiar 20–21
    - Sistema de Educação 20
    - Sistema de Saúde 18
    - Sistema de Segurança Social 19
- European Ambient Assisted Living Innovation Alliance 94
- Arquitetura Orientada a Eventos 128

## F

Funcionalidade

Definição 90–92

## H

Hera 131

Home Gateway 143–146

## I

Idosos 167–168

Análise Acústica da Fala 172

Alterações na Estabilidade Fonatória 173

Corpus de Fala para o Português Europeu 174

Frequência dos Formantes 173

Frequência Fundamental 172

Intensidade Vocal 173

Interação 103

Ocupação 112

Recreação 112

Saúde e Qualidade de Vida 111

Tecnologias de Apoio 57–59, 108

Vida Independente

Atividades da Vida Diária 110

Integração e Personalização Cuidados de Saúde  
239, 241

Interação 66

Ambient Assisted Living 103–104

Interação Amigável 103

Interação Multimodal 115, 153–155

Níveis de Requisitos de Interação 104

Diversidade 6

Idosos 103

Interação Multimodal 151–152

Interoperabilidade 93

## L

Laboratório Vivo de Usabilidade. *ver* Living Usability Lab

Living Lab

Definição 105–106

Metodologia 105, 217

Processos 221

Living Usability Lab

Arquitetura Living Usability Lab

Camada Aplicação 133

Camada Infraestrutura 138

Camada Serviços Comuns 137

Camada Serviços Living Usability Lab 134

Serviço Canal de Comunicação Vídeo 136

Serviço de Sensores 135

Arquiteturas de Desenvolvimento

Amigo 131

Arquitetura Orientada a Eventos 128

Arquiteturas Orientadas a Serviços 126

Cloud Computing 128

Common Ontological Framework 132

Hera 131

Modelos de Referência 124–126

MPower 130

OASIS Hyper-Ontology 132

openAAL 132

Persona 132

universAAL 132

Criação 9–11

Infraestrutura Lógica e Física

Home Gateway 143–146

Instanciação 148–150

Rede Geral 141

Rede Local 142–143

Interação Multimodal 151–152

Arquitetura 154–158

Propósitos 10, 43, 101

Robô de Assistência no Domicílio 183–200

Arquitetura do Sistema Robótico 187–193

Desempenho do Sistema Robótico 194–197

Localização Interior 185

Navegação Robótica 186

Percepção Ambiental 185

Serviço TeleReabilitação

Desempenho 212–213

Protótipo 207–210

Teste 227–232

Requisitos 204–206

Visão Geral 106–115

Infraestrutura Lógica e Física

Componentes 116–117

Espaços Físicos 119

Redes de Comunicação 116–117

Partes Interessadas (Stakeholders) 107–108

Plataforma de Desenvolvimento 112–114

Interação Multimodal 115

Serviços de Aplicação 108–109

## M

Mercado de Trabalho

Estratégias de promoção do envelhecimento  
ativo 35

Microsoft Language Development Center 148,  
177–179  
MPower 130

## O

OASIS Hyper-Ontology 132  
openAAL 132

## P

Persona 132  
Integração e Personalização de Cuidados de Saúde  
239, 241  
Arquiteturas Ponto-a-Ponto 127  
Projeto Centrado no Utilizador 66–67  
Projeto Persona 93  
Projeto Universal 8–10

## R

Redes de Cuidados de Saúde 53  
Registo de Saúde Eletrónico 53  
Robô de Assistência no Domicílio 183–200  
Arquitetura do Sistema Robótico Living Usabil-  
ity Lab 187–193  
Desempenho do Sistema Robótico Living Us-  
ability Lab 194–197  
Localização Interior 185  
Navegação Robótica 186  
Perceção Ambiental 185

## S

Service Oriented Architecture. *ver* Arquiteturas  
Orientadas a Serviços  
Sistema de Educação  
Estratégias de promoção do envelhecimento  
ativo 38  
Impacto socioeconómico do envelhecimento  
demográfico 20  
Sistema de Saúde  
Desafios 48

Estratégias de promoção do envelhecimento  
ativo 36  
Impacto socioeconómico do envelhecimento  
demográfico 18  
Sistema de Segurança Social  
Estratégias de promoção do envelhecimento  
ativo 37  
Impacto socioeconómico do envelhecimento  
demográfico 19  
Sociedade de informação 47

## T

Tecnologias da Informação e da Comunicação  
3–4, 22, 215  
Acessibilidade 56  
Apoio à Deficiência 54  
Apoio a Idosos 57–59  
Ciclos de Desenvolvimento de Sistemas 216  
Prestação de cuidados de saúde  
Diagnóstico 50  
Prevenção 49  
Terapêutica 51  
Redes de Cuidados de Saúde 53  
Registo de Saúde Eletrónico 53  
TeleReabilitação 138, 201–203  
Serviço TeleReabilitação Living Usability Lab  
Desempenho 212–213  
Protótipo 207  
Teste 227–232  
Requisitos 204–207

## U

Ubiquidade 75  
universAAL 132  
Usabilidade 5  
Definição 66  
Metodologias de Avaliação 67  
Métodos Analíticos 68–69  
Métodos de Experimentação 70–71  
Métodos de Inquérito 70  
Outros Métodos 72  
User Centred Design. *ver* Projeto Centrado no  
Utilizador

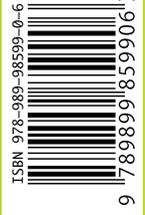












Esta obra teve o patrocínio de:

