

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Quebra de barreiras de comunicação para portadores de
paralisia cerebral.

Paulo Alexandre Lucas Afonso Condado

Doutoramento em Engenharia Electrónica e Computação
Ciências de Computação

2009

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Quebra de barreiras de comunicação para portadores de
paralisia cerebral.

Paulo Alexandre Lucas Afonso Condado

Tese orientada por Professor Fernando Miguel Pais da Graça Lobo

Doutoramento em Engenharia Electrónica e Computação
Ciências de Computação

2009

Resumo

Nos últimos anos, o estudo das tecnologias de acessibilidade tem adquirido relevância na área de *interfaces pessoa-máquina*. O desenvolvimento de dispositivos, métodos, e aplicações especificamente desenhadas para superar as limitações dos utilizadores facilita a interacção destes com o mundo exterior. A importância do estudo nesta área é enorme, visto facilitar a interacção dos portadores de deficiências com os meios tecnológicos que, por sua vez, possibilitam-lhes uma melhor comunicação e interacção com os outros, contribuindo significativamente para a sua integração na sociedade.

Esta dissertação apresenta um sistema inovador, conhecido por *Easy-Voice*, que integra diversas tecnologias para permitir que uma pessoa com deficiências na fala possa efectuar chamadas telefónicas usando uma voz sintetizada. Subjacente a este sistema, desenhado com o objectivo de disponibilizar um *interface* acessível até para utilizadores que possuam graves problemas de coordenação motora, está o conceito que é possível combinar tecnologias já existentes para criar mecanismos que facilitem a comunicação dos portadores de deficiências a longas distâncias, nomeadamente as tecnologias de síntese de voz, voz sobre IP (VoIP) e métodos de interacção para portadores de limitações motoras.

Salienta-se que antes do desenvolvimento deste sistema essas pessoas encontravam-se limitadas pelas barreiras físicas, apenas podendo utilizar sistemas *text-to-speech* (TTS) para comunicarem com quem estava na sua presença. O *EasyVoice* transformou esta situação ao possibilitar que portadores de problemas na fala comuniquem mais facilmente com quem está distante.

Palavras-Chave: Tecnologias de acessibilidade, Paralisia Cerebral, Sistemas de síntese de voz, Voz sobre IP, Teclados virtuais, Skype.

Abstract

In recent years, the study of assistive products has gained increased relevance in the human-computer interaction field. The development of devices, methods, and applications, that are specifically designed to help people with disabilities, gives this group of people the opportunity to have a better interaction with the external world. Research in this area is important, as it facilitates the accessibility of people with disabilities to technology which allow them a better communication and interaction with other people, contributing significantly for their integration in society.

This dissertation presents a new system, called EasyVoice, that integrates different technologies to allow people with voice disabilities to make phone calls. Behind this system, which was designed with the goal of creating an accessible interface even for people with severe physical disabilities, is the concept that it is possible to combine existing technologies to create mechanisms that allow people with voice disabilities to do long-distance voice communication. This is achieved by combining speech synthesizers, Voice over IP (VoIP) technology, and suitable text input methods for people with motor impairments.

Prior to the development of this system, people with voice disabilities were limited by physical barriers and could only use text-to-speech systems to communicate with those who were physically nearby. *EasyVoice* transformed this situation by enabling people with voice disabilities to use text-to-speech for long-distance communication.

Keywords: Assistive products, Cerebral palsy, Speech synthesis, Voice over IP, Virtual keyboards, Skype.

Agradecimentos

Gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos a um vasto conjunto de pessoas, e instituições, que contribuíram de várias formas para que a realização desta investigação fosse possível.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, Professor Fernando Lobo, por ter me aceitado como seu aluno, por ter um espírito aberto e sempre ter me incentivado a explorar todas as minhas ideias, por ter me proporcionado a oportunidade de conhecer e visitar grandes centros de investigação internacionais, pela sua preciosa ajuda na revisão dos trabalhos efectuados, e por todas as suas críticas e opiniões que fortaleceram o resultado final deste trabalho. Acima de tudo, e para além da sua função de orientador, é um grande amigo que tem mostrado o seu apoio sempre que necessito. Agradeço principalmente essa amizade sempre presente e o apoio que me dá sempre que tenho uma ideia nova para explorar.

Ao Professor Hamid Shahbazkia a sugestão para focar a minha atenção na área das acessibilidades e, mais especificamente, por ter despertado o meu interesse pelas tecnologias de síntese e reconhecimento de voz. Aliás, os esforços dele para o desenvolvimento de sistemas que facilitassem a comunicação dos portadores de deficiências, principalmente na fase final da

minha licenciatura, deram origem a vários projectos baseados no projecto MBROLA.

Aos investigadores, Professor David Cavallo e Professor José Armando Valente, por terem me acolhido nos seus centros de investigação, por terem partilhado comigo as suas opiniões e as suas experiências, e também por sugerirem ideias que contribuíram para a melhoria deste trabalho.

À minha mãe, Maria da Conceição Lucas da Costa Rosa, e aos meus avós, Isabel Lucas da Rosa e Francisco da Costa Rosa, por me terem educado com todo o amor e carinho. Na realidade, o que sou hoje é um reflexo directo de toda a dedicação e de toda a ternura que eles me deram desde a minha infância. Acho que posso afirmar, literalmente, que os trabalhos que deram origem a esta dissertação apenas foram possíveis porque há muitos anos atrás estas pessoas “lutaram” para me conseguir integrar no ensino regular e, consequentemente, na sociedade. Como portador de paralisia cerebral às vezes questiono-me de que forma seria a minha vida se estas pessoas fantásticas não tivessem “lutado” e enfrentado muitas barreiras para me integrarem no ensino regular. Agradeço todos os dias por eles terem vencido esta batalha e por me terem tornado uma pessoa que pode contribuir para o avanço da sociedade. Também agradeço ao meu padrasto, Reinaldo Ramos Mendes, que desempenhou um papel activo em grande parte da minha educação.

Quero agradecer ainda a uma pessoa muito especial, cujo o nome é Selma Nogueira, por ter aparecido na minha vida de uma forma mágica. Esta pessoa fantástica deu-me muita força durante estes últimos anos, inspirando-me a aprofundar a minha investigação em formas de tornar a comunicação mais acessível para portadores de deficiências, ou disfunções, na fala. A cada dia,

e em cada uma das nossas conversas sobre vários assuntos do quotidiano, esta pessoa linda e especial me incentivava a querer saber sempre mais e a nunca parar de investigar. Aproveito esta oportunidade para agradecer todo o seu carinho, a sua dedicação, o seu companheirismo, e dizer que a adoro. Selma, obrigado por você existir, é muito importante saber que posso contar com seu apoio incondicional.

Na realidade, existe um vasto conjunto de pessoas à quem quero agradecer. É impossível fazer um agradecimento personalizado para cada uma dessas pessoas, como eu gostaria, mas deixo aqui os seus nomes: Stéphane Norte, Cláudio Lima, Paulo Teixeira, Manuela Teixeira, Isabel Brito, João Nogueira, Graciete Campos, Patrícia Mendes, Isabel Ponte, Hugo Mendes, José Palma, Carlos Duarte, Tânia Ferreira, Nuno Gonçalves, Rita Correia, Cecília Carvalho, Ricardo Sousa, Nelson Gabriel, Paula Brazão, Maurício Galvão, Salua Galvão, Bruno Galvão, Salim Nabbout, Filipe Tomaz, Pedro Miquelina, Paulo Guerreiro, Vitor Vieira, Nuno Castilho, Artur Martins, e Nuno Rodrigues.

Também não posso esquecer-me de agradecer a todos os utentes e funcionários do Núcleo Regional de Faro da Associação Portuguesa de Paralisia Cerebral, visto que se mostraram sempre disponíveis para receberem-me na instituição e colaborarem na realização deste estudo.

Finalmente, quero agradecer o suporte que a Fundação Calouste Gulbenkian deu-me ao longo dos primeiros três anos deste trabalho. Também agradeço à Fundação para a Ciência e a Tecnologia pelo financiamento de parte dos meus trabalhos de doutoramento, em especial as missões a centros de investigação internacionais e a participação em conferências de relevo, no

âmbito do projecto POCI/CED/62497/2004.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Motivações	4
1.2	Objectivos	8
1.3	Contribuições	10
1.4	Organização	11
2	Estado da arte das tecnologias de acessibilidade	15
2.1	Introdução	15
2.2	Sistemas de síntese de voz e a sua utilização na área das tec- nologias de acessibilidade	17
2.2.1	Métodos de síntese	20
2.2.2	Sintetizadores e sistemas <i>text-to-speech</i> gratuitos	26
2.2.3	Tecnologias de acessibilidade baseadas em sistemas de síntese de voz	30
2.3	Métodos de interacção com o computador para portadores de limitações motoras	34
2.3.1	Formas alternativas de interacção	36
2.3.2	Reconhecimento de voz	38

2.3.3	Sistemas <i>eye tracking</i>	41
2.3.4	Teclados virtuais	42
2.3.5	Métodos de aceleração de escrita	45
2.4	Sumário	46
3	Tecnologias de acessibilidade utilizadas no quotidiano	51
3.1	Introdução	51
3.2	Análise empírica das tecnologias utilizadas na Associação Portuguesa de Paralisia Cerebral	54
3.2.1	O que é a paralisia cerebral	56
3.2.2	Meios tecnológicos utilizados para atenuar as limitações motoras e as dificuldades de comunicação	58
3.2.3	Sumário das tecnologias utilizadas	64
3.3	Adaptação das tecnologias existentes	67
3.3.1	Caso de estudo da vida académica de um portador de paralisia cerebral	69
3.3.2	Adaptação de tecnologias construcionistas à realidade dos portadores de paralisia cerebral	77
3.4	Sumário	83
4	<i>EasyVoice</i>	86
4.1	Introdução	86
4.2	O conceito	90
4.2.1	Juntar tecnologias como a criança junta conceitos	92
4.3	O processo de desenvolvimento	95
4.3.1	O <i>interface</i>	100

4.3.2	Características de acessibilidade	103
4.3.3	Aspectos técnicos do sistema	111
4.4	Sumário	116
5	Testes de usabilidade	120
5.1	Introdução	120
5.2	Preparação dos testes	122
5.2.1	Objectivos	123
5.2.2	Escolha do grupo de utilizadores	125
5.2.3	Elaboração das tarefas	131
5.3	Realização dos testes	142
5.3.1	Caso de estudo do participante Pedro	146
5.3.2	Caso de estudo do participante Rui	150
5.3.3	Caso de estudo da participante Vera	154
5.3.4	Caso de estudo da participante Maria	157
5.3.5	Entrevista aos receptores das chamadas telefónicas	161
5.3.6	<i>Feedback</i> de outros utilizadores	165
5.3.7	Análise dos resultados	170
5.4	Sumário	179
6	Conclusões e trabalho futuro	185
6.1	Conclusões	185
6.2	Trabalho futuro	189
A	Opiniões subjectivas dos utilizadores	195

Lista de Figuras

2.1	Esta figura, que é uma adaptação da encontrada no trabalho de Dennis Klatt [35], apresenta esquematicamente as duas configurações de síntese por formantes.	23
3.1	Imagem de ecrã de uma aplicação TTS acessível para portadores de limitações motoras.	59
3.2	Teclado de ecrã incluído nas aplicações de acessibilidade fornecidas com o sistema operativo Windows.	61
3.3	Alguns dispositivos apontadores e <i>switches</i> utilizados por utentes da APPC.	63
3.4	Réplica da <i>GoGo Board</i> criada pelos estudantes.	81
3.5	Maqueta desenvolvida por Stéphane Norte e Nuno Castilho para mostrar as potencialidade da <i>GoGo Board</i>	82
4.1	Imagem de ecrã do sistema <i>EasyVoice</i> com todas as características de acessibilidade activas.	101
4.2	Imagem de ecrã do sistema <i>EasyVoice</i> sem nenhuma característica de acessibilidade activa.	102

4.3	Os três tipos de configuração possíveis para o teclado virtual do <i>EasyVoice</i>	107
4.4	Exemplo do sistema de varrimentos implementado no <i>EasyVoice</i> .	110
5.1	Imagem de ecrã de uma das primeiras versões do sistema <i>EasyVoice</i>	149
A.1	Mensagem de <i>email</i> enviada por Zoe	201
A.2	Mensagem de <i>email</i> enviada por Marlon.	201
A.3	Mensagem de <i>email</i> enviada por Marcus.	202

Lista de Tabelas

2.1	Alguns sintetizadores de voz e sistemas TTS que estão disponíveis para utilização gratuita.	27
5.1	Características dos elementos que participaram nos testes de usabilidade.	129
5.2	Tarefas incluídas nos testes de usabilidade e respectivos objetivos.	133
5.3	Critérios para a análise quantitativa.	141
5.4	Tempo gasto por Pedro na execução das tarefas número 1, 5, 6, e 8 em segundos.	146
5.5	Número de erros detectados enquanto Pedro executava as tarefas.	147
5.6	Tempo gasto por Rui na execução das tarefas número 1, 5, 6, e 8 em segundos.	151
5.7	Número de erros detectados enquanto Rui executava as tarefas.	152
5.8	Tempo gasto por Vera na execução das tarefas número 1, 5, 6, e 8 em segundos.	154
5.9	Número de erros detectados enquanto Vera executava as tarefas.	155

5.10	Tempo gasto por Maria na execução das tarefas número 1, 5, 6, e 8 em segundos.	158
5.11	Número de erros detectados enquanto Maria executava as tarefas.	159
A.1	Respostas de Pedro aos questionários numa escala de 0 a 5.	196
A.2	Respostas de Rui aos questionários numa escala de 0 a 5.	196
A.3	Respostas de Vera aos questionários numa escala de 0 a 5.	197
A.4	Respostas de Maria aos questionários numa escala de 0 a 5.	197
A.5	Respostas dos vários participantes às questões colocadas após os testes realizados à versão <i>Beta 0.0.1</i>	198
A.6	Respostas dos vários participantes às questões colocadas após os testes realizados à versão <i>Beta 0.0.2</i>	198
A.7	Respostas dos vários participantes às questões colocadas após os testes realizados à versão <i>Beta 0.0.5</i>	199
A.8	Respostas dos vários participantes às questões colocadas após os testes realizados à versão <i>Beta 0.0.7</i>	200

Capítulo 1

Introdução

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) transformaram o mundo durante o último século. Actualmente, devido à sua influência em todos os sectores da sociedade, é essencial que os cidadãos tenham acesso às tecnologias, assim como obtenham conhecimento suficiente para as utilizar. Devido às desigualdades sociais, inerentes a qualquer sociedade, os governos promovem iniciativas com o objectivo de fomentar o acesso igualitário dos cidadãos às TIC, diminuindo assim a “info-exclusão” e o “analfabetismo digital”. Um dos passos fundamentais para garantir essa “democratização” do acesso à tecnologia é assegurar que as escolas, e outros estabelecimentos de educação, facultem aos seus alunos a formação necessária para utilizarem as TIC nas tarefas do quotidiano.

Contudo, existem muitos outros factores que dificultam o acesso de algumas pessoas às TIC. De entre estes, destaca-se o caso dos portadores de deficiências que têm dificuldades acrescidas para interagir com os periféricos mais comuns (e.g. teclados, ratos, *touchpads*, ecrãs, entre outros). É portanto

necessário estudar, desenvolver e analisar formas alternativas de interação com as máquinas de maneira a facilitar o acesso dessas pessoas às TIC, proporcionando-lhes a oportunidade de usufruir das enormes vantagens que estes meios tecnológicos oferecem.

A importância de desenvolver estudos no campo das acessibilidades, como parte da área científica que estuda a interação entre o Homem e a máquina, torna-se evidente porque desde sempre as TIC, mesmo que não concebidas originalmente com o intuito específico de colmatar as limitações de portadores de deficiência, foram “adoptadas” pelos mesmos para facilitar a sua comunicação com o mundo exterior e a sua socialização [8]. O desenvolvimento de *interfaces* de *hardware* e *software* específicos para suprir as limitações específicas de um determinado grupo de utilizadores torna o acesso aos meios tecnológicos mais simples e eficaz. A título de exemplo, e considerando que muitos portadores de paralisia cerebral (PC) possuem descoordenação motora e problemas na fala, se uma pessoa portadora de PC necessita de uma aplicação que lhe permita comunicar com os outros, poderá ter muita dificuldade ao utilizar um sistema *text-to-speech* (TTS) comum. Muito provavelmente essa pessoa necessita de um *interface* que disponha de um teclado virtual, sistema de varrimentos, métodos de aceleração de escrita, ou qualquer outro sistema que simplifique a sua interação com a aplicação e aumente a sua velocidade de comunicação [12, 42]. Regra geral, quando o utilizador possui grave descoordenação motora, utiliza também dispositivos físicos alternativos para interagir com a máquina, como *switches*, *sip-and-puff*, *joysticks*, ecrãs de toque, sistemas de *eye-tracking*, sistemas de *head-tracking*, entre outros que substituem os periféricos tradicionais.

Quando se estuda métodos alternativos de interacção com as TIC, pensando em quebrar as limitações que os portadores de deficiências ou as pessoas idosas enfrentam diariamente, é necessário levar em consideração o meio em que essas pessoas se encontram inseridas. Assim, dentro das estratégias mais utilizadas no desenvolvimento de *interfaces pessoa-máquina*, é fundamental centrar o estudo e a concepção de métodos alternativos de interacção com a máquina na experiência do utilizador, adoptando um processo de desenvolvimento iterativo que adapta o desenho do *interface* às necessidades dos seus utilizadores finais. Este processo de desenvolvimento iterativo, apoiado entre outras coisas por um conjunto de testes de usabilidade realizados ao longo de todo o processo de criação de um *interface*, permite que os principais problemas de usabilidade sejam detectados e resolvidos durante o período de concepção de um produto.

Esta dissertação apresenta um estudo que revela como as tecnologias existentes são utilizadas no quotidiano das pessoas portadoras de deficiência, em particular no dia-a-dia de portadores de PC. Parte deste estudo, realizado no Núcleo Regional de Faro da Associação Portuguesa de Paralisia Cerebral (APPC), faz uma comparação entre os meios tecnológicos que existem no mercado, ou que estão a ser investigados nos principais centros de investigação, e os que estão disponíveis para os utentes dessa instituição portuguesa. Salienta-se que nem sempre as instituições dispõem dos meios financeiros necessários para adquirirem todos os meios tecnológicos existentes no mercado, visto que o custo das tecnologias de acessibilidade é elevado, o que leva a que alguns profissionais dessas instituições tentem colmatar essa lacuna adaptando as tecnologias que já possuem às necessidades dos seus

utentes.

Este estudo é essencialmente centrado na análise e no desenvolvimento de mecanismos de comunicação que auxiliem portadores de PC, tendo em conta que muitas dessas pessoas possuem limitações na fala e, também, graves problemas ao nível da coordenação motora. A ênfase deste trabalho está no desenvolvimento de um sistema que conjuga diferentes tecnologias para permitir que os portadores de deficiências na fala possam efectuar chamadas telefónicas. Este sistema, chamado *EasyVoice*, conjuga as tecnologias de síntese de voz, Voz sobre IP (VoIP) e métodos de interacção para portadores de limitações motoras. O desenvolvimento desta aplicação, que combina tecnologias já há muito utilizadas para auxiliar portadores de deficiência com os sistemas VoIP, oferece uma maior independência aos portadores de deficiência, visto que deixam de necessitar da ajuda de terceiros para comunicarem com quem está distante.

A investigação que está subjacente à escrita desta dissertação foi inspirada por diversos factores. Seguidamente, dando uma ênfase mais pessoal que o comum a um trabalho de carácter científico, irei abordar quais os principais factores que me levaram a realizar os meus trabalhos nesta área de estudo.

1.1 Motivações

O meu interesse pelas ciências da computação, mais especificamente por tudo o que está relacionado com o desenvolvimento de *software*, surgiu muito cedo na vida. Esse interesse pode ter tido diversas razões, sobre as quais apenas posso especular, mas acredito que se deve ao meu contacto com a linguagem

do programação Logo durante os primeiros anos da escola primária. Esse contacto com o projecto MINERVA, e com os meios tecnológicos que este fornecia às instituições de ensino em meados dos anos 80, despertou o meu interesse pelo fascinante mundo da informática e o meu desejo de trabalhar em algo relacionado com computadores.

Na verdade, acredito que poderia apontar como um dos principais factores que motivaram toda a investigação relatada nesta dissertação, a minha curiosidade natural pelas ciências da computação e o meu fascínio pelo mundo das novas tecnologias. Contudo, como quem me conhece sabe, o principal motivo que me incentivou a escolher esta área específica, dentro do vasto mundo das ciências da computação, foi a minha condição de portador de deficiências. Como portador de paralisia cerebral, que enfrenta diariamente as mesmas barreiras de muitas outras pessoas portadoras de limitações, acredito que estou mais sensível aos problemas com que se confrontam a maioria dos utilizadores e às suas dificuldades em interagir com o mundo.

Desde tenra idade, como é referido num artigo [8] que será extensivamente abordado na secção 3.3.1 do capítulo 3, adaptei-me à tecnologia existente para suprir as minhas próprias limitações. As tecnologias existentes em meados dos anos 80, pelo menos no nosso país, não eram especificamente concebidas para colmatar as limitações das pessoas portadoras de deficiências. A forma mais simples de exemplificar essa situação consiste em falar da utilização de máquinas de escrever — mecânicas ou eléctricas — como meio de auxiliar os portadores de deficiências nas tarefas das salas de aula.

As máquinas facilitavam a realização dos meus trabalhos e eram o meio ideal para transmitir os meus conhecimentos. Contudo, este meio tecnológico

apresentava como desvantagem a tarefa morosa de corrigir erros de dactilografia. Antes do surgimento de máquinas com corrector incorporado, e quando não estava ninguém perto para colocar corrector no papel, tornava-se necessário colocar uma nova folha de papel e voltar a digitar todo o conteúdo novamente. Apesar deste meio tecnológico, utilizado nos mais diversos sectores antes do surgimento do computador, permitir a integração de alguns deficientes no sistema educativo, apresenta algumas limitações quando comparado com as TIC actuais.

Sou motivado a estudar, analisar, e desenvolver tecnologias de acessibilidade que facilitam a integração dos portadores de deficiência na sociedade porque sei quais as principais dificuldades que essas pessoas enfrentam diariamente. Acredito que a minha experiência pessoal, aliada aos meus conhecimentos científicos em ciências da computação, pode trazer progressos relevantes na área das acessibilidades e ajudar a melhorar a vida de pessoas que enfrentam imensas barreiras no seu quotidiano. Na realidade, acredito que olhando para as minhas próprias limitações, posso compreender melhor as dificuldades que os outros utilizadores enfrentam e arranjar formas alternativas de as ultrapassar. A melhor forma de criar novos *interfaces* para portadores de deficiências é centrar esse processo nas necessidades dos utilizadores, através de um processo de desenvolvimento iterativo que se baseia na realização de testes de usabilidade e em entrevistas aos utilizadores. Quem desenvolve aplicações com este tipo de abordagem tem de analisar as dificuldades que os utilizadores apresentam e procurar soluções para as eliminar, levando em consideração as ideias e sugestões propostas pelas pessoas que irão utilizar o produto. Todavia, acho que se a pessoa que desenvolve siste-

mas de acessibilidade for portadora de limitações é capaz de se abstrair de conceitos predefinidos e melhor colocar-se no lugar dos utilizadores de forma a ponderar soluções alternativas para os problemas.

Contribuir para o desenvolvimento do estado da arte e para a melhoria da qualidade de vida dos portadores de deficiências, que tal como eu enfrentam imensos obstáculos na realização das suas tarefas diárias, são as minhas principais motivações para realizar investigação na área das acessibilidades. Criar meios que sirvam de auxílio à inclusão dos deficientes na sociedade é algo que considero especialmente motivador e que me dá forças para investigar formas alternativas de interacção com o computador. Como causa directa dos meus problemas na fala, que afectam também uma parte significativa dos outros portadores de PC, estou especialmente motivado a estudar e desenvolver ferramentas de comunicação. Tornar possível, ou simplesmente facilitar, a comunicação dos portadores de deficiências com o mundo exterior, é uma forma de lhes proporcionar os meios necessários à sua inserção na sociedade que os rodeia, visto que quando têm a capacidade de partilhar informações, facilmente podem aceder às principais fontes de conhecimento. O que me motiva nesta questão é achar que, apesar de possuir algumas dificuldades de dicção, os meios tecnológicos que usei para suprir os meus problemas de comunicação contribuíram para a minha plena integração no sistema educativo e, conseqüentemente, permitiram que desenvolvesse as bases necessárias para desempenhar um papel produtivo na sociedade.

A inserção nos sistemas educativos das sociedades actuais é, certamente, mais fácil na actualidade. Com o decorrer do tempo, as tecnologias e a própria formação dos professores que têm de se adaptar ao ritmo e às ne-

cessidades de cada aluno com necessidades educativas especiais (NEE), tornaram o processo de integração dessas pessoas mais fácil. A evolução das TIC também está a transformar o ensino e a forma de assistir e participar nas próprias aulas, tornando possível o ensino à distância. Este tipo de educação, que oferece imensas vantagens a pessoas com dificuldades de locomoção (tal como o tele-trabalho também oferece), exige que sejam desenvolvidos meios que facilitem a comunicação de portadores de problemas de fala com quem está distante (como professores, colegas, amigos, entre outras pessoas). A essência deste trabalho centra-se no desenvolvimento de um sistema que pretende facilitar essa comunicação, tornando mais simples e fácil a minha própria comunicação com colegas e amigos que se encontram espalhados pelo mundo.

1.2 Objectivos

O objectivo principal deste trabalho é contribuir para o desenvolvimento do campo científico que estuda a acessibilidade e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade de vida dos portadores de deficiências. O estudo de meios alternativos que facilitem a interacção das pessoas que possuem limitações com o mundo é uma forma de ajudar o desenvolvimento das próprias sociedades em que estas se inserem, visto que os portadores de limitações podem contribuir, como qualquer outra pessoa, para o progresso de vários sectores. As limitações que geralmente impedem uma pessoa de exercer a sua vocação profissional podem ser superadas com tecnologias adequadas, tornando essa pessoa tão válida como qualquer outra que não possua as ditas “limitações”.

Esta dissertação, e todo o estudo que lhe serve de base, pretende ser um elo entre a teoria e a prática. Muitas tecnologias de acessibilidade já foram estudadas, analisadas, e desenvolvidas para auxiliarem vários portadores de deficiências espalhados pelo mundo, abrindo-lhes novos horizontes e proporcionando-lhes imensas oportunidades que de outra forma não teriam. Todavia, enquanto portador de paralisia cerebral e investigador, tenho o objectivo de efectuar uma análise empírica dos meios tecnológicos que estão acessíveis aos deficientes numa instituição que lhes presta auxílio. Muitos meios existentes no mercado são dispendiosos e têm de ser importados de outros países, sendo assim interessante fazer um paralelo entre o que existe, nessa instituição portuguesa, e o que poderia existir se não existissem limites orçamentais. A experiência adquirida desta análise, e do contacto directo com os portadores das limitações, é fundamental para o desenvolvimento consciente de tecnologias de acessibilidade. Essa experiência é um aspecto essencial para este trabalho, levando em linha de conta que a ênfase desta dissertação é o desenvolvimento de um sistema que facilita a comunicação de portadores de limitações. Os principais objectivos deste trabalho são:

- Alertar para a importância de desenvolver meios de acessibilidade económicos que sirvam de base à integração dos portadores de deficiência nas sociedades actuais.
- Analisar e estudar a forma como os dispositivos de acessibilidade existentes são utilizados para colmatar certas dificuldades.
- Desenvolver métodos que facilitem a comunicação de pessoas com paralisia cerebral.

1.3 Contribuições

As principais contribuições desta dissertação são:

- O desenvolvimento de um sistema que facilita a comunicação à distância de pessoas com deficiências na fala, incluindo as que possuem limitações físicas, permitindo que estas efectuem chamadas telefónicas usando uma voz sintetizada [9, 10, 11]. Este sistema, denominado de *EasyVoice*, vem colmatar o problema das várias tecnologias de acessibilidade baseadas em sistemas de síntese de voz (e.g. sistemas TTS) não permitirem a comunicação para além das barreiras físicas [42, 12].
- Incentivar os investigadores que trabalham na área das acessibilidades a explorar possíveis formas de reutilizar tecnologias para desenvolverem sistemas mais simples e económicos [12, 10, 11]. O próprio sistema *EasyVoice*, desenvolvido com base neste conceito, pode servir de base ao desenvolvimento de uma variedade de aplicações de acessibilidade que necessitem injectar uma voz sintetizada numa chamada telefónica.
- A generalização do conceito que os investigadores devem centrar a sua atenção nas capacidades, limitações, ideias, opiniões e desejos das pessoas com deficiências antes de começarem a resolver determinado problema. A ideia base é que os investigadores devem entender a perspectiva das pessoas que sofrem as limitações, e o contexto social em que estas estão inseridas, para conseguirem encontrar as soluções mais adequadas.
- Despertar o interesse da sociedade em geral para as dificuldades en-

frentadas pelas pessoas com deficiências, tentando consciencializar os leitores para os preconceitos existentes relativamente a essas pessoas [8]. Esta dissertação aborda alguns preconceitos sociais e reflecte sobre algumas barreiras arquitectónicas que as pessoas com deficiências enfrentam diariamente.

- Cativar o interesse de novos investigadores pela área que estuda as tecnologias de acessibilidade, mostrando como as dificuldades inerentes a uma determinada deficiência podem ser colmatadas com um pouco de estudo, engenho, e força de vontade. Este estudo pode ser o ponto de partida para o desenvolvimento de novos sistemas que facilitem a telecomunicação das pessoas com deficiências, podendo incentivar alunos a centrar a sua atenção na temática das acessibilidade.

O trabalho realizado no âmbito desta dissertação, deu origem a vários artigos científicos [8, 12, 42, 51, 10, 11], sendo que um deles foi publicado na ACM ASSETS em 2007, a conferência de referência da ACM para a área de «*Computers and Accessibility*» e outro na ICCHP 2008, também uma das mais prestigiadas conferências mundiais na área.

1.4 Organização

Esta dissertação está dividida em 6 capítulos. O capítulo 1 apresenta uma breve introdução à temática abordada nesta dissertação, fornecendo ao leitor uma perspectiva geral do estudo, das motivações que o originaram, e dos objectivos que estão subjacentes ao desenvolvimento da investigação neste

campo específico. Este capítulo também faz um sumário dos conteúdos apresentados em cada um dos restantes capítulos.

O capítulo 2 descreve o estado da arte das tecnologias de acessibilidade que servem de base ao desenvolvimento desta investigação. Primeiramente, apresenta ao leitor um panorama sobre os sistemas de síntese de voz, descrevendo as vantagens e desvantagens dos métodos de síntese mais utilizados, alguns sintetizadores e sistemas *text-to-speech* (TTS) gratuitos que existem no mercado, e a utilização destas tecnologias na área das acessibilidades. Este capítulo também descreve métodos de interacção com o computador, dando especial ênfase aos métodos de interacção que facilitam a acessibilidade aos portadores de deficiências. De entre esses métodos, destaca-se os sistemas de reconhecimento de voz, *eye tracking*, teclados virtuais e sistemas de varrimentos a eles associados, bem como métodos utilizados para acelerar o processo de escrita.

As tecnologias revistas no capítulo 2 são o ponto de partida para qualquer trabalho de investigação que se venha a desenvolver na área das acessibilidades. Contudo, o capítulo 3 também descreve as tecnologias de acessibilidade que são utilizadas diariamente pelo portadores de deficiência, mais especificamente por pessoas com PC. Este capítulo, contrariamente ao anterior, apresenta um estudo mais empírico dos meios tecnológicos que os utentes do Núcleo Regional de Faro da APPC têm ao seu dispor e retrata como algumas TIC, que não foram originalmente concebidas para pessoas com deficiência, podem ser adaptadas para auxiliarem esses utilizadores.

O capítulo 4 descreve um conceito que surgiu no decurso dos trabalhos que servem de fundamento à escrita desta dissertação. Muitos portadores de

PC, assim como de outras limitações que afectam a fala, apresentam muitas dificuldades de comunicação que são superadas com recurso a várias tecnologias, entre as quais se salientam os sistemas TTS. Todavia, essas pessoas têm imensas dificuldades para estabelecerem contacto com quem está distante fisicamente. Para colmatar essas limitações e permitir a utilização de uma voz sintetizada na realização de chamadas telefónicas nasceu o conceito de conjugar as tecnologias de síntese de voz, voz sobre IP, e os métodos de interacção com o computador para portadores de limitações motoras. Este capítulo apresenta as bases fundamentais deste conceito, descreve o processo de desenvolvimento do sistema, e fornece uma perspectiva geral do impacto deste no quotidiano das pessoas que o utilizam.

As potencialidades deste sistema são analisadas através da realização de testes de usabilidade. Assim, o capítulo 5 descreve os testes realizados para analisar os problemas de usabilidade do *interface*, possibilitando que seja feito um desenvolvimento iterativo da aplicação levando em consideração as necessidades específicas dos utilizadores. Este capítulo apresenta a fase de preparação dos testes, incluindo a descrição dos objectivos da sua realização, do processo de escolha do grupo de utilizadores que têm as características necessárias para pertencerem à população do estudo, e da preparação das tarefas que os utilizadores devem efectuar. Também é descrito ao leitor um conjunto de quatro casos de estudo, realizados ao longo de vários meses em colaboração com a APPC, e o impacto que esses testes tiveram no desenho final do *interface*. A importância que os testes de usabilidade desempenham no processo de desenvolvimento do sistema, intitulado *EasyVoice*, é abordada detalhadamente na secção que descreve a realização dos testes.

O capítulo 6 conclui esta dissertação. É efectuado um sumário geral, sintetizando os aspectos essenciais de toda a investigação de uma forma simples e clara. Este capítulo defende a importância que o trabalho realizado teve no avanço do estado da arte. O leitor também pode ficar com a perspectiva da direcção, ou direcções, que se deve seguir em trabalhos futuros, visto que este trabalho é um ponto de partida para uma infinidade de estudos que podem ser realizados para suprir as necessidades de comunicação de pessoas com este tipo de limitações.

Capítulo 2

Estado da arte das tecnologias de acessibilidade

2.1 Introdução

O conhecimento aprofundado de determinada área científica é fundamental para o desenvolvimento coerente de novas investigações. No caso do desenvolvimento de novas tecnologias de informação e comunicação, é essencial ter uma visão abrangente de várias áreas tecnológicas para fomentar o aparecimento de ideias e conceitos inovadores.

Este capítulo está dividido em duas partes principais. A primeira parte faz uma revisão geral sobre os sistemas de síntese de voz e a sua utilização na área das tecnologias de acessibilidade. A segunda parte analisa os principais métodos de interação com o computador para portadores de limitações motoras. Entender as potencialidades de cada uma destas tecnologias, enfatizando a sua utilidade para auxiliar pessoas portadoras de deficiências, é

fundamental para analisar outras utilidades que elas podem desempenhar no seu conjunto.

O objectivo deste trabalho é o estudo, a análise, e o desenvolvimento de meios tecnológicos que facilitem a comunicação dos portadores de deficiências com o mundo que os rodeia. O pleno conhecimento das tecnologias de síntese de voz para colmatar as dificuldades de quem possui problemas na fala (assim como as de pessoas cegas ou com problemas visuais) e dos métodos de interacção com o computador para as pessoas que possuem graves limitações motoras, é essencial para desenvolver mecanismos que permitam atenuar as dificuldades de comunicação que muitas pessoas apresentam.

Seguidamente, o leitor pode ver um sumário do estado da arte na área dos sistemas de síntese de voz, conhecendo as vantagens e desvantagens dos métodos de síntese mais utilizados, alguns sintetizadores e sistemas TTS que se encontram disponíveis para utilização gratuita (desde que não sejam utilizados para fins comerciais ou militares), e tecnologias de acessibilidade que se baseiam na síntese de voz. O leitor também pode ver, na secção 2.3, os principais métodos que são utilizados para facilitar a interacção dos portadores de deficiências com o computador, nomeadamente os sistemas que substituem os mecanismos de interacção mais tradicionais (e.g. rato, teclado), conhecendo mais profundamente métodos de interacção baseados em sistemas de reconhecimento de voz, sistemas de *eye-tracking*, teclados virtuais e mecanismos de aceleração do processo de escrita.

2.2 Sistemas de síntese de voz e a sua utilização na área das tecnologias de acessibilidade

A voz humana, uma característica desenvolvida pelo ser humano ao longo do processo evolutivo que permitiu que este comunicasse e estabelecesse uma organização social, é produzida com a vibração do ar expelido pelo diafragma e que passa pelas cordas vocais, sendo modificada pela postura da boca, dos lábios, e da língua. Há vários séculos que o Homem tenta estudar formas de construir uma máquina capaz de reproduzir, de forma artificial, este processo natural. Contudo, de uma perspectiva histórica, os progressos mais significativos nesta área deram-se com o advento da electrónica. Um bom exemplo disso é o sistema VODER apresentado na feira mundial de Nova Iorque em 1939, sendo uma versão melhorada do sintetizador VOCODER desenvolvido, nos anos 30, pelo laboratórios Bell.

Em linhas gerais, chama-se síntese de voz a esse processo artificial de reproduzir a voz humana e sintetizadores de voz aos equipamentos, implementados em *hardware* ou *software*, que permitem a realização deste processo. Na secção 2.2.2 deste capítulo são apresentados alguns desses sistemas que se encontram disponíveis para utilização gratuita, assim como alguns sistemas TTS. Os sintetizadores de voz e os sistemas TTS, embora possam ser confundidos, são conceitos distintos, como será explicado mais à frente.

A síntese de voz é um processo complexo e são necessários algoritmos sofisticados para produzir um resultado inteligível e natural [22, 21]. Al-

gumas das principais técnicas utilizadas para gerar voz sintética, descritas com mais detalhe na seção 2.2.1 deste capítulo, são a síntese articulatória, síntese por concatenação, síntese por formantes [14], e mais recentemente a síntese baseada nos modelos ocultos de Markov (*Hidden Markov Models*, em Inglês) [58].

A síntese de voz pode ser, e tem sido, utilizada em diversas aplicações e para diversos fins. Além de serem uma mais valia no auxílio de pessoas portadoras de deficiências, são base de muitas tecnologias de acessibilidade que serão abordadas mais tarde nesta dissertação. O ser humano tem utilizado esta tecnologia para tornar a interação dos utilizadores com as máquinas mais amigável, ou seja, interagir com uma máquina que fala assemelha-se à sensação de ouvir outra pessoa a falar. Podemos encontrar a tecnologia de síntese de voz nas caixas multibanco, nos sistemas de atendimento automático (*call centers*), nos sistemas de navegação, nos sistemas militares (em alguns sistemas é complementar dos sistemas de informação visual, alertando mais rapidamente para a presença de ameaças iminentes), na domótica, na robótica, nos sistemas de leitura de *email* ou de páginas *Web*, e em muitos outros sistemas que estão a entrar no nosso quotidiano.

O conceito de *Wearable computing* [62, 66], que com base nos processos de miniaturização das tecnologias e na diminuição do custo das mesmas se está a tornar uma realidade do quotidiano, pode explorar os sistemas de síntese e reconhecimento de voz para facilitar a interação do utilizador com o pequeno sistema que traz acoplado ao seu corpo. Deste modo, supondo que o utilizador vai a conduzir ou está a realizar outra tarefa que exija o mesmo grau de concentração, este pode aceder aos sistemas de informação e procurar

o que deseja como se estivesse a falar ao telemóvel através de um sistema de mãos livres. Deve-se salientar que apesar dos progressos significativos na área do reconhecimento de voz humana, tecnologia essa que será abordada numa secção deste capítulo com maior detalhe, o estado da arte ainda não permite garantir que a máquina entenda as ordens do utilizador com 100% de certeza. Devido a esse facto, e embora a percentagem de falhas seja relativamente pequena, este meio de interacção ainda não é largamente utilizado por si só, sendo usado apenas como complemento de outros meios mais fiáveis. Um exemplo da utilização desta tecnologia pode ser encontrada nos *smartphones* (ou mesmo em telemóveis mais simples) quando se usa a funcionalidade de marcação de números por voz.

A utilização da tecnologia de síntese de voz em computadores que podem ser “vestidos” também pode abrir um mundo de possibilidades a portadores de deficiências. Estes passam a ter maior autonomia quando estão fora de casa, não precisando estarem dependentes do computador pessoal, tendo sempre à mão um meio para comunicarem com o mundo que os rodeia. Das muitas potencialidades para suprir as mais diversas limitações, pode-se dar o exemplo da sua utilização para melhorar o dia-a-dia das pessoas que têm problemas na fala. Os portadores destes problemas podem comunicar mais facilmente com as outras pessoas quando vão ao banco, ao centro de saúde, ao hospital, ao supermercado, às finanças, ao restaurante, a eventos sociais, e a todos os lugares que têm necessidade de ir.

Os sistemas de síntese e reconhecimento de voz servem de base a diversas aplicações informáticas, existindo a tendência de muitas mais surgirem no mercado durante os próximos anos. Actualmente, os programadores

que desejem desenvolver aplicações baseadas em sistemas de síntese e reconhecimento de voz, podem recorrer a *Application Programming Interfaces* (APIs) que possibilitam a sua utilização em aplicações de uma forma transparente. A *Speech Application Programming Interface* (SAPI) e a *Java Speech API* [1, 45], desenvolvidas pela *Microsoft* e pela *Sun Microsystems* respectivamente, são duas dessas APIs.

Depois desta pequena introdução aos sistemas de síntese de voz e à sua utilidade na vida diária, serão apresentados as principais técnicas que possibilitam o processo de produção de voz artificial.

2.2.1 Métodos de síntese

Desde muito cedo que o Homem investiga formas de produzir sistemas que simulem a voz humana. Com o surgimento dos computadores, e a sua consequente evolução, tornou-se possível obter resultados com elevado grau de qualidade. Actualmente, existem sintetizadores de voz que geram resultados compreensíveis e quase idênticos à voz natural de um ser humano, isto é, conseguem elevado grau de inteligibilidade e de naturalidade. Na realidade existem até muitos trabalhos de investigação que se focam no desenvolvimento de sintetizadores capazes de gerar vozes artificiais que simulam até as emoções encontradas na voz humana [43], existindo também um interesse crescente na criação de vozes sintetizadas que imitem as características vocais de determinados indivíduos, sendo possível, por exemplo, gerar artificialmente uma voz idêntica à sua.

Seguidamente, é descrito com mais detalhe as quatro principais técnicas

utilizadas para gerar voz sintetizada. O leitor, além de ficar com uma noção do funcionamento desses métodos, fica com uma perspectiva geral das vantagens e desvantagens que lhes são inerentes.

Síntese articulatória. Este método utiliza algoritmos que simulam o sistema vocal humano, simulando a articulação das cordas vocais, da glote, da mandíbula, da língua e dos lábios. Apesar desta técnica ser extremamente interessante, visto que a criação de modelos computacionais que simulem os diversos órgãos do nosso sistema vocal abre imensas possibilidades, não é a mais utilizada. Pode-se dizer que a utilização de outros métodos em detrimento deste está relacionada com o facto da síntese articulatória requerer muitos recursos computacionais e, pelo menos na actualidade, não apresentar resultados satisfatórios ao nível da naturalidade e de fluência do discurso gerado [14].

Embora não exista nenhum sistema comercial que utilize esta técnica, pelos motivos já referidos, os laboratórios *Haskins*¹ têm investido muitos recursos na sua investigação. Salienta-se, a título de curiosidade, que o primeiro sintetizador de voz criado nestes laboratórios, conhecido como ASY, foi elaborado por Philip Rubin, Tom Baer e Paul Mermelstein em meados dos anos 70, tendo por base modelos das cordas vocais desenvolvidos nos laboratórios Bell.

Síntese por formantes. Contrariamente à síntese articulatória, que apresenta a desvantagem inerente a uma técnica que tenta modelar o sistema de produção de voz dos seres humanos (*system-models*), as técnicas

¹<http://www.haskins.yale.edu/facilities/asy.html> (acedido a 15-06-2008)

que se baseiam na modelação dos sinais resultantes do processo de fala (*signal-models*) são bastante mais utilizadas na área de síntese de voz. Uma das técnicas que é amplamente utilizada nesta área é conhecida pela denominação de síntese por formantes. Este método baseia-se num conjunto de regras que determinam os parâmetros necessários para sintetizar uma dada expressão, nomeadamente os relacionados com as frequências de formantes, anti-formantes, e com a amplitude [14, 17].

Os sintetizadores por formantes podem apresentar duas configurações, uma em forma paralela e outra em forma de cascata [35]. Na primeira, o estímulo de cada um dos formantes é realizado em paralelo e o resultado final é fornecido através da soma dos ganhos de cada uma das saídas. Nos sintetizadores em cascata, por sua vez, uma saída resultante da estimulação de um formante serve de entrada ao seguinte até que o resultado final seja obtido. Estes métodos podem ser vistos de forma esquematizada na figura 2.1, baseada nos esquemas encontrados no trabalho de Dennis Klatt [35]. Cada uma destas configurações apresenta as suas vantagens e desvantagens. Por exemplo, enquanto os sintetizadores em cascata são mais apropriados para a produção de sons não nasais, a configuração em paralelo adequa-se mais à produção de sons fricativos e plosivos.

Os sintetizadores por formantes [35, 36] são especialmente utilizados em aplicações onde o *output* não é previsível, como sistemas TTS ou leitores de ecrã, gerando resultados de elevada inteligibilidade. Apesar do discurso gerado não ser completamente natural, notando-se que é

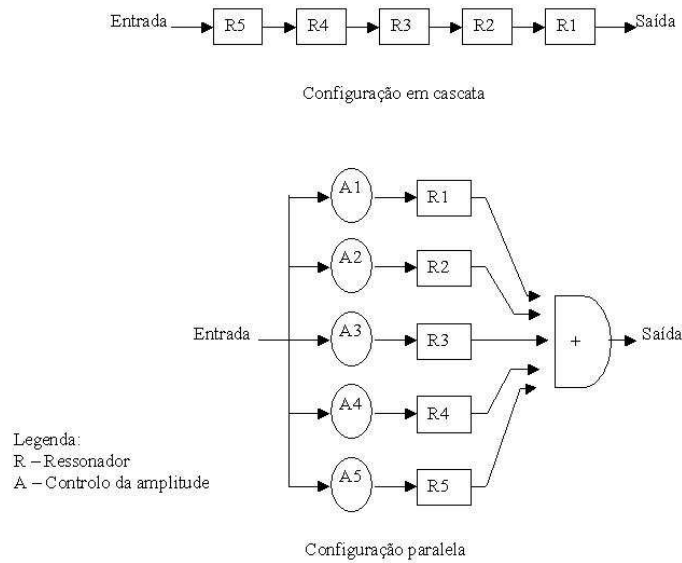


Figura 2.1: Esta figura, que é uma adaptação da encontrada no trabalho de Dennis Klatt [35], apresenta esquematicamente as duas configurações de síntese por formantes.

gerado por uma máquina, os recursos computacionais exigidos por este processo de síntese são aceitáveis [14].

Síntese por concatenação. Este método de síntese, amplamente estudado por Thierry Dutoit [18, 17], é mais adequado para ser implementado em aplicações onde se conhece previamente os *inputs* possíveis, como nos sistemas de navegação, nos sistemas de atendimento automático, nas caixas multibanco, e em sistemas semelhantes que desejem ter a naturalidade fornecida por registos vocais pré-gravados.

A técnica de síntese por concatenação, também conhecida por síntese concatenativa, baseia-se na união de segmentos de fala que se encontram armazenados numa base de dados. A qualidade resultante deste método de síntese depende da forma como a junção desses segmentos

(fonemas) é realizada, nomeadamente se é aplicada a estratégia de selecção de unidades, de difones, ou a do domínio específico. Claro que, aliados a este factor, também existem outros que têm impacto no resultado de um sintetizador baseado nesta técnica, como a eficiência do algoritmo implementado para efectuar a pesquisa na base de dados.

A estratégia de selecção de unidades [30], ou síntese concatenativa por selecção de unidades, é a que apresenta melhores resultados ao nível da inteligibilidade e naturalidade. Contudo, apesar de actualmente os estudiosos que trabalham em sistemas de síntese por concatenação estarem a centrar as suas atenções nesta estratégia, existe a grande desvantagem de consumir muitos recursos computacionais por requerer a utilização de grandes bases de dados. Essas bases de dados são criadas com base em muitas horas de discurso pré-gravado, onde cada segmento de fala é tratado e armazenado na forma de fones, sílabas, palavras, e frases.

A síntese por concatenação de difones, embora apresente resultados piores dos que são obtidos pela estratégia anterior, é uma forma de poupar nos recursos computacionais, visto que este método de concatenação requer bases de dados de muito menor dimensão que armazenam apenas difones (transições entre dois fones). Nesta estratégia, que mesmo assim consegue uma naturalidade de som melhor que os sistemas baseados em síntese por formantes, as características de discurso (o ritmo, a entoação, entre outros atributos) são sobrepostas aos difones através de técnicas de processamento digital de sinal.

Por último temos a síntese por concatenação de um domínio específico (*domain-specific synthesis*), utilizada quando se pretende desenvolver uma aplicação para um domínio em particular. Sabendo, à partida, toda a variedade de resultados que um determinado sistema pode gerar, é possível ter uma base de dados com as palavras e frases pré-gravadas para gerar o discurso completo. Salienta-se que este método apresenta resultados que quase não se distinguem da fala humana, apesar de apenas poderem apresentar como resultado da síntese a combinação das palavras e frase pré-inseridas. Um exemplo de aplicações de domínio específico em que se pode utilizar esta técnica de síntese são os sistemas de navegação.

Síntese baseada nos modelos ocultos de Markov. A técnica de síntese baseada nos modelos ocultos de Markov (*Hidden Markov Models*) tem sido muito utilizada nos últimos anos por apresentar bons resultados. Em linhas gerais, este método apresenta resultados de qualidade inferior à técnica de síntese concatenativa por selecção de unidades, mas tem a vantagem de requerer bases de dados de menor dimensão [4].

Um modelo oculto de Markov é um modelo estocástico em que se modela um processo Markoviano cujos estados são desconhecidos.

As principais técnicas de síntese, acima abordadas, são os métodos mais utilizados no estudo e no desenvolvimento de sistemas de síntese de voz. Contudo, uma forma de tirar partido das vantagens inerentes a cada técnica é utilizar um híbrido das várias técnicas no desenvolvimento de futuros sistemas de síntese de voz [14].

Seguidamente, para proporcionar ao leitor um maior conhecimento de sistemas de síntese de voz, apresenta-se um conjunto de sintetizadores e de sistemas TTS que estão disponíveis no mercado. Seguindo o princípio que a tecnologia deve estar acessível a todos, principalmente às pessoas portadoras de limitações, apenas serão referidos produtos de utilização gratuita ou que sejam de código aberto.

2.2.2 Sintetizadores e sistemas *text-to-speech* gratuitos

Em primeiro lugar, antes de começar a descrever um conjunto de sintetizadores e sistemas TTS que estão disponíveis no mercado e podem ser utilizados gratuitamente, é necessário diferenciar estes dois conceitos, que embora estejam intimamente relacionados, são distintos. Os sintetizadores de voz são sistemas que permitem gerar artificialmente uma voz semelhante à produzida pelo sistema vocal humano. Os sistemas *text-to-speech*, por sua vez, são sistemas que convertem o texto escrito num discurso sintetizado, sendo que um sintetizador é um dos componentes básicos de uma aplicação TTS.

Um sistema TTS é composto por dois componentes principais, nomeadamente o módulo de processamento de linguagem natural e pelo módulo de processamento digital de sinal [17]. O primeiro componente realiza o pré-processamento do texto (transforma números, abreviaturas, acrónimos, e outros símbolos em texto normalizado), a análise linguística, a transcrição fonética, e o processamento prosódico de forma a transformar o texto escrito em fonemas e prosódias que serão tratadas pelo módulo de processamento digital de sinal. Este último módulo, que não entende texto escrito num

formato normal, não é nada mais do que o sintetizador de voz.

Após esclarecer esta diferença entre estes dois termos, que são confundidos por muitas pessoas, descreve-se alguns sistemas gratuitos que podem ser encontrados na Internet. Alguns desses sistemas, apresentados na tabela 2.1, são desenvolvidos em universidades e em centros de investigação que efectuem estudos na área da síntese de voz.

Tabela 2.1: Alguns sintetizadores de voz e sistemas TTS que estão disponíveis para utilização gratuita.

Nome	Endereço	Sistemas operativos
MBROLA	http://tcts.fpms.ac.be/synthesis/	MS-Dos, Windows, Mac OS, e Sistemas Unix.
Festival	http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/festival/	Sistemas Unix, Mac OS, e Windows.
FreeTTS	http://freetts.sourceforge.net/	Multi-plataforma.
eSpeak	http://espeak.sourceforge.net/index.html	Windows, Mac OS X, RISC OS, e Linux.

O MBROLA é um sintetizador baseado na técnica de concatenação por difones [20], desenvolvido na *Faculté Polytechnique de Mons* (Bélgica) por

Thierry Dutoit e a sua equipe do laboratório TCTS (*Théorie des Circuits et Traitement du Signal*). Este sintetizador, gratuito desde que não seja utilizado para propósitos comerciais ou militares, não é um sistema TTS porque não recebe texto como *input*, ou seja, realiza apenas o processamento digital de sinal. Contudo, muitos sistemas TTS baseiam-se no MBROLA para realizar a parte da síntese de voz e apenas desenvolvem o módulo de processamento de linguagem natural (por outras palavras, a conversão de texto corrente em fonemas e prosódias). Salienta-se que o projecto MBROLA, iniciado em 1996, disponibiliza uma grande variedade de “vozes” (bases de dados de difones) em diferentes idiomas, entre os quais podemos encontrar o inglês (americano e britânico), o francês, o alemão, o português europeu, o português do Brasil, o hebraico, o grego, o espanhol, o romeno, o italiano, e muitos outros.

O Festival é um sintetizador, e também um sistema TTS, que se baseia nas técnicas de concatenação por selecção de unidades [7], de concatenação por difones (suportada pelos métodos PSOLA [19] e MBROLA [20]), e baseadas nos modelos ocultos de Markov [52]. Este sistema que foi desenvolvido pelo *Centre for Speech Technology Research* da *University of Edinburgh*, inclui três idiomas (inglês, espanhol e galês), suporta as bases de dados do MBROLA, e é compatível com a *Java Speech API*. Salienta-se que um pequeno sintetizador, derivado do sistema Festival e conhecido por Flite (Festival-lite) [3], foi desenvolvido na *Carnegie Mellon University* com o objectivo de ser ideal para dispositivos com pouca capacidade de processamento, tais como sistemas embebidos, computadores acoplados ao corpo, PDAs, ou *smartphones*.

Outro sistema de síntese de voz baseado no Flite, foi desenvolvido pelo

Speech Integration Group dos laboratórios *Sun Microsystems*. Este sistema, conhecido por *FreeTTS*, utiliza as técnicas de concatenação por difones e concatenação limitada a um domínio específico. Salienta-se que o sistema *FreeTTS* suporta as “vozes” do *MBROLA* e é parcialmente compatível com a *Java Speech API*.

O *eSpeak* é outro sintetizador que começou a ser desenvolvido pela *Acron/RISC OS computers* em 1995, tendo sido posteriormente melhorado por Jonathan Duddington. Actualmente, esta aplicação está disponível em vários sistemas operativos, numa grande variedade de idiomas, suportando parcialmente a linguagem de anotação *SSML* (*Speech Synthesis Markup Language*), e também é compatível com a versão 5 da *Speech Application Programming Interface* (*SAPI*) da *Microsoft*. A compatibilidade com a versão 5 da *SAPI* permite que seja utilizado com leitores de ecrã, tais como o *JAWS*, *NVDA*, *Supernova*, e *Windows-Eyes*.

O *eSpeak* pode ser utilizado com qualquer aplicação compatível com a versão 5 da *SAPI*, e não apenas com leitores de ecrã. Salienta-se que existem outras aplicações de acessibilidade baseadas em sistemas de síntese de voz, criadas para suprir outras limitações além das visuais, tais como sistemas de apoio a portadores de deficiências ou disfunções na fala. Seguidamente, refere-se algumas tecnologias de acessibilidade que se baseiam em sistemas de síntese de voz, fazendo também uma pequena referência às que têm por base sistemas de reconhecimento de voz.

2.2.3 Tecnologias de acessibilidade baseadas em sistemas de síntese de voz

Entre as inúmeras áreas em que os sistemas de síntese de voz podem ser aplicados, desde as mais simples até às mais avançadas, destaca-se a importância da sua utilização no desenvolvimento de tecnologias de acessibilidade. A utilização destes sistemas é essencial no desenvolvimento de aplicações que prestam auxílio a portadores de problemas de fala e de visão.

As pessoas que têm limitações ao nível da dicção, não conseguindo articular as palavras de forma clara e perceptível, ou as que não conseguem mesmo falar, podem ultrapassar as suas barreiras utilizando os vários sistemas TTS existentes no mercado. Utilizando uma voz artificial ficam com a capacidade de comunicar mais facilmente com o mundo que as rodeia, visto que é mais fácil para os outros ouvirem uma fala sintetizada do que terem de ler o que lhes tentam transmitir através de um ecrã ou de uma folha de papel. Contudo, os portadores de problemas de fala ficam dependentes de terem um dispositivo informático por perto para comunicarem com os seus colegas, educadores, amigos, ou familiares, através de um sistema TTS. Este problema começa a ser superado com a constante miniaturização dos dispositivos e com a descida dos preços dos mesmos (um bom exemplo deste fenómeno é o surgimento de ultra-portáteis, ou *netbooks*, como o *Asus Eee PC* ou o *Laptop XO*).

A utilização de um sistema TTS tradicional para efectuar comunicação oral pode, contudo, causar certas pausas na comunicação, visto que a inserção de texto escrito no sistema demora o seu tempo [8]. Todavia, como é abor-

dado na secção 2.3.5, este problema é atenuado em aplicações TTS que utilizem métodos de aceleração de escrita, possibilitando uma diminuição considerável dos tempos mortos durante uma conversação. Salienta-se que alguns programas de auxílio a portadores de problemas de fala também dispõem de métodos alternativos de interacção para permitirem o acesso aos utilizadores que possuam limitações motoras [12, 42].

Os sistemas que possibilitam a produção de voz artificial são aplicados em mais tecnologias de acessibilidade, além das que prestam auxílio a pessoas que têm o seu próprio sistema vocal afectado por deficiências, tornando a vida de milhares de pessoas mais fácil. A tecnologia de síntese de voz presta auxílio a pessoas com dislexia, pessoas com necessidades especiais de aprendizagem, e pessoas com deficiências visuais [57].

Grande parte das aplicações desenvolvidas para pessoas com problemas de visão, ou cegas, usam a síntese de voz para lhes dar acesso aos dados, substituindo os tradicionais ecrãs utilizados por pessoas sem problemas de visão. Entre as mais famosas aplicações de acessibilidade para portadores de deficiência visual, baseadas em sistemas de síntese de voz, destacam-se os leitores de ecrã e os *browsers web* para pessoas cegas. Um leitor de ecrã é uma aplicação que identifica e interpreta a informação que é mostrada no ecrã, descrevendo-a ao utilizador através de discurso falado. Com um leitor de ecrã os utilizadores têm a possibilidade de interagir com o computador, e com as aplicações de determinado sistema operativo, mesmo não podendo ver as informações apresentadas no ecrã. Contudo, apesar destes sistemas tentarem interpretar todas as informações apresentadas no ecrã, existem aplicações mais específicas que são desenvolvidas para esses utilizadores, como *browsers*

web que apresentam o conteúdo das páginas de uma forma mais elaborada e estruturada (daí a importância das páginas de Internet serem desenvolvidas segundo as especificações do W3C —*World Wide Web Consortium*— para a elaboração de páginas com conteúdos acessíveis a pessoas portadoras de deficiências).

O NVDA (*NonVisual Desktop Access*) é um dos vários leitores de ecrã existentes no mercado. Esta solução *open-source*, que rivaliza com aplicações comerciais (como o JAWS for Windows), está disponível para os utilizadores do sistema operativo Windows. O sintetizador eSpeak vem no pacote de instalação do NVDA, possibilitando que este leitor de ecrã seja acessível a utilizadores de diferentes países porque suporta um vasto leque de idiomas, sendo possível ainda utilizar outros sintetizadores desde que sejam compatíveis com a versão 4 ou com a versão 5 da *Speech Application Programming Interface* desenvolvida pela *Microsoft*. Entre os membros que contribuem para o desenvolvimento deste projecto, iniciado em 2006 por Michael Curran, salienta-se a presença do responsável actual pelo eSpeak, Jonathan Duddington, e a do português Diogo Costa.

Os utilizadores do NVDA dispõem de um excelente suporte, igual ou até melhor que os suportes fornecidos por aplicações comerciais, e de uma garantia de qualidade por saberem que alguns membros da equipa de desenvolvimento também são cegos ou têm problemas visuais. Este leitor de ecrã é compatível com um vasto número de aplicações, nomeadamente com o Mozilla Firefox 3, o Internet Explorer 6 e 7, Mozilla Thunderbird 3, Outlook Express, Windows Mail, Windows Messenger, Skype, Echolink 2.0.902, Miranda, Bloco de notas, Jart, Microsoft Word, Microsoft Excel, WordPad,

aplicações Java, e aplicações de consola que correm na linha de comandos (*Windows Command Prompt*).

Entre outras aplicações de acessibilidade que se baseiam em sistemas de síntese de voz, desenvolvidas com o intuito de prestar auxílio a pessoas com deficiências visuais, salienta-se algumas que são especificamente concebidas para permitirem que essas pessoas possam desempenhar um papel mais activo em sectores específicos da sociedade, como por exemplo ambientes integrados de desenvolvimento para pessoas cegas. Esses ambientes facilitam o acesso das pessoas cegas, ou com problemas de visão, à programação e às ciências da computação, possibilitando que eles próprios venham a desenvolver sistemas de acessibilidade que melhorem a sua interacção com os computadores (como no caso do desenvolvimento do NVDA). O *JavaSpeak*, ambiente integrado de desenvolvimento para Java, é um exemplo de uma aplicação que reúne características e ferramentas de apoio ao desenvolvimento de *software* desenhada para permitir que pessoas cegas tenham oportunidade de efectuar esse desenvolvimento [24, 64].

Muitos portadores de deficiências que utilizam tecnologias de acessibilidade, desde tenra idade, também se interessam pelo desenvolvimento das TIC e pelo mundo das ciências da computação [24, 8]. A criação de ambientes integrados de desenvolvimento específicos para proporcionarem o acesso dessas pessoas ao fascinante mundo da programação leva em consideração outras deficiências além da visual. Os sistemas de reconhecimento de voz, abordados na secção 2.3.2, servem também de base a ambientes de desenvolvimento para portadores de graves limitações motoras. Um exemplo é um *plug-in* chamado SpeechClipse, desenvolvido para o Eclipse que permite que

este ambiente de desenvolvimento para Java seja utilizado com recurso ao reconhecimento de voz [61]. Deste modo até uma pessoa sem movimentos, mas que consiga falar, pode desenvolver *software*, podendo até desenvolver novas soluções de acessibilidade, ou métodos de interacção, para si ou para outros. Seguidamente, e após esta revisão dos sistemas de síntese de voz, são revistos alguns métodos de interacção com o computador.

2.3 Métodos de interacção com o computador para portadores de limitações motoras

Existem vários métodos que permitem a interacção entre os seres humanos e os computadores, mas os periféricos de interacção mais conhecidos são o teclado, o rato, o monitor, e em última análise o sistema de entrada e saída de som. Ao longo dos anos a utilização dos meios informáticos tem sofrido algumas alterações, visto que os computadores deixaram de ser apenas uma ferramenta de trabalho (onde se efectuava cálculos ou se utilizava aplicações de processamento de texto) e passaram a ser elementos omnipresentes em todos os aspectos da vida actual, transformando-se em sistemas multimedia que permitem ao utilizador realizar os seus trabalhos, efectuar pesquisas na Internet (biblioteca de Alexandria dos nossos tempos), comunicar de forma rápida com os seus contactos, ver vídeos, ouvir música, jogar jogos, viajar em mundos de realidade virtual, e efectuar uma infinidade de outras tarefas. Esta evolução dos sistemas informáticos, e do modo como os seres humanos

os utilizam, é um campo de estudo para vários investigadores que tentam desenvolver *interfaces* mais intuitivos e amigáveis para os utilizadores.

O desenvolvimento de *interfaces*, sejam eles em *hardware* ou em *software*, é um processo complexo que deve ser iterativo e levar em consideração muitos factores. Quem desenvolve um novo *interface*, além de dever considerar as regras básicas que o desenho de qualquer *interface* deve seguir (já há muito estudadas e testadas), deve preocupar-se fundamentalmente com a sua usabilidade, isto é, se o público alvo utiliza-o para os objectivos que foi concebido com eficiência, efectividade e satisfação. Durante o processo de desenho e desenvolvimento de um produto são realizados vários testes de usabilidade, com um ou vários grupos de pessoas que representam o público alvo, para que sejam detectados e corrigidos problemas de usabilidade antes de ser lançado no mercado.

Os seres humanos estão cada vez mais dependentes da sua interacção diária com vários dispositivos informáticos, dividindo as suas vidas entre o mundo físico e o mundo digital. A interdependência entre estes dois mundos é facilmente constatada quando, por algum motivo, os sistemas informáticos falham ou pelo aumento crescente da utilização de dispositivos móveis como PDAs ou *smartphones*. Esta nova relação com as TIC requer o estudo e o desenvolvimento de novos métodos de interacção que tornem o acesso ao mundo digital mais simples e intuitivo, como sistemas de síntese e reconhecimento de voz (que permitam controlar os sistemas informáticos com comandos de voz), sistemas de ecrã táctil, sistemas de reconhecimento de escrita, e muitos outros que tentam simplificar a utilização de um vasto número de dispositivos. Entre os inúmeros *interfaces* estudados e desenvolvidos em la-

boratórios de todo o mundo, destaca-se os que pretendem fundir o mundo real com o mundo digital, através da aplicação dos conceitos de computação tangível (*tangible computing*) [32] e de computação ubíqua (*ubiquitous computing*) [69], transformando completamente a forma como interagimos com os dispositivos informáticos.

Todavia, apesar do conceito de utilizar objectos do quotidiano para interagir com o mundo digital parecer muito atraente e ter muitas utilizações interessantes, os portadores de deficiências físicas necessitam de *interfaces* simples que facilitem a sua interacção com o mundo real e, consequentemente, atenuem as suas dificuldades. Os investigadores que trabalham na área das tecnologias de acessibilidade, ou os que estudam a interacção das pessoas com as máquinas, têm desenvolvido métodos alternativos que permitem o acesso dos portadores de deficiências às TIC.

2.3.1 Formas alternativas de interacção

As TIC têm melhorado a qualidade de vida dos seres humanos e alterado o modo como a sociedade actual se encontra organizada, tornando tarefas complicadas e morosas em operações simples e rápidas. Essa simplificação de tarefas deve-se, em grande parte, aos periféricos e aos *interfaces* de *software* que permitem que os dados sejam inseridos e recolhidos de uma forma eficiente e eficaz, visto que a capacidade de processamento não iria servir de nada sem existirem *interfaces* adequados. Desde sempre que os sistemas informáticos foram adoptados pelos portadores de deficiência para facilitar o seu acesso à informação, a sua comunicação com os outros, o seu acesso

ao ensino, ao mercado de trabalho, e em última análise para possibilitar-lhes uma melhor integração na sociedade. Contudo, a generalidade dos *interfaces*, sejam eles implementados em *hardware* ou *software*, são desenhados para as pessoas que não possuem qualquer tipo de limitações, não levando em consideração as dificuldades específicas de portadores de deficiências motoras ou visuais [25]. Este problema tende a ser resolvido com o crescente interesse da comunidade académica, das pessoas que trabalham no desenvolvimento de interfaces, dos governos, e de instituições não governamentais (como o W3C) em técnicas que permitam a usabilidade universal dos *interfaces* através de um desenho acessível a todos [46], incluindo os portadores de deficiências e as pessoas idosas.

Os dispositivos de interacção mais comuns, como os teclados ou os ratos, podem parecer um meio fácil e eficaz de inserir informação em computadores ou em outros sistemas informáticos. Contudo, para quem possui graves limitações físicas, estes dispositivos têm pouca ou nenhuma utilidade e podem se transformar até num obstáculo que limita o seu acesso às TIC. O acesso destas pessoas à tecnologia é feito através de dispositivos e métodos alternativos tais como *trackballs* [70], *joysticks* [71], *touchpads*, ecrãs de toque, microfones, *Sip-and-puff*, *switches*, *webcams*, sistemas de *eye-tracking* [40], sistemas de *head-tracking* [34], sistemas de reconhecimento de voz, teclados virtuais com varrimento de teclas, sistemas de aceleração de escrita, entre outros que ajudam-nas a ultrapassar as suas barreiras e limitações.

Existem vários trabalhos na área das acessibilidades que se debruçam no estudo e no desenvolvimento de métodos alternativos de inserção de texto para portadores de limitações físicas. Um desses trabalhos centra-se num

método de inserção de dados, chamado *EdgeWrite* [72], desenvolvido para tornar a escrita em dispositivos móveis, como PDAs, mais acessível para portadores de limitações motoras. Esta técnica de reconhecimento de escrita permite que um portador de PC, da doença de Parkinson, ou mesmo de distrofia muscular possa inserir texto num pequeno dispositivo informático com uma maior exactidão e estabilidade de movimentos. Este método também pode ser utilizado em outros dispositivos informáticos, inclusive em computadores pessoais, permitindo até que pessoas que sofram de graves limitações motoras o utilizem recorrendo aos *joysticks*, ou *touchpads*, com que controlam diariamente as suas cadeiras de rodas eléctricas [71].

Muitas vezes o portador de deficiências motoras está privado da quase totalidade dos seus movimentos e apenas consegue interagir com o computador através de *Sip-and-puff*, *switches* de testa, ou dispositivos que reagem ao mínimo movimento voluntário de alguma parte do corpo. Neste contexto estão a ser desenvolvidos trabalhos de investigação para facilitar o acesso dos portadores das mais graves limitações físicas, incluindo pessoas de idade e doentes acamados (vítimas de acidentes de viação por exemplo), às tecnologias, nomeadamente trabalhos que se baseiam nos sistemas de reconhecimento de voz, sistemas de *eye-tracking* [40], e sistemas de *head-tracking* [34].

2.3.2 Reconhecimento de voz

A investigação e o desenvolvimento de tecnologias de acessibilidade que se baseiam em sistemas de reconhecimento de voz permite que portadores de graves limitações físicas, permanentes ou temporárias, possam controlar qual-

quer dispositivo informático utilizando comandos de voz [56, 28, 6]. Em linhas gerais, chama-se reconhecimento de voz ao processo que permite que uma máquina “interprete” a fala humana ou segmentos da mesma, recorrendo a técnicas avançadas que implicam a utilização de métodos como os modelos ocultos de Markov [59] ou o método de Alinhamento Temporal Dinâmico (*Dynamic Time Warping*) [55].

A melhor forma de explicar a importância das tecnologias de acessibilidade baseadas neste tipo de sistemas, de uma forma simples, é pedir ao leitor para imaginar uma pessoa acamada que não consegue movimentar nenhuma parte de seu corpo, conseguindo apenas falar. Usando tecnologias baseadas em sistemas de reconhecimento de voz, essa pessoa ganha a “liberdade” de utilizar o computador para escrever e editar textos [56], navegar na Internet [6], comunicar por email, ou até jogar jogos [65] de uma forma relativamente simples e intuitiva. Mesmo que este utilizador possua problemas de fala, como muitas vezes acontece com os portadores de PC, pode interagir com o computador através de aplicações que reconhecem comandos não verbais [31], podendo, por exemplo, utilizar um sistema de varrimentos de um teclado virtual.

Muitas vezes, quando se olha para uma pessoa que sofre de uma paralisia grave e que se encontra imobilizada, não se imagina que o seu intelecto e a sua criatividade tentam arranjar formas de se libertarem da “prisão” imposta pelo corpo, contrariando a famosa expressão latina “*mens sana in corpore sano*”. O acesso às TIC veio trazer a oportunidade das pessoas portadoras de deficiências se integrarem na sociedade, contribuindo com as suas ideias para a evolução da mesma, sentindo-se mais livres das limitações e barreiras im-

postas pelas suas deficiências. Entre as várias actividades que os portadores de limitações podem desempenhar, graças às tecnologias de acessibilidade e ao meios informáticos em geral, a criação de arte é das mais relevantes, porque a expressão artística é na sua essência uma forma de comunicação e de exteriorizar os estados de consciência do artista. Os portadores de graves limitações físicas que têm vocação artística, mesmo que tenham o seu corpo total ou parcialmente paralisado, podem utilizar as tecnologias, inclusive as que se baseiam em sistemas de reconhecimento de voz, para criar obras literárias, pintura, desenho, ou qualquer outra forma de arte.

No trabalho de investigação realizado por Harada et al. [28] foi desenvolvida uma aplicação, chamada *VoiceDraw*, que permite aos portadores de limitações motoras desenharem usando unicamente a sua voz. Este *software* foi desenhado segundo um método de concepção de *interfaces* que se baseia nas necessidades, desejos, e limitações dos seus utilizadores finais (*user-centered design*). Durante duas semanas, um utilizador que sofre de problemas na coluna cervical e utiliza a arte electrónica como forma de exprimir as suas emoções, ajudou a equipe de investigação a detectar e a solucionar muitos problemas encontrados noutras aplicações equivalentes. O *VoiceDraw* possibilita aos utilizadores desenharem de forma contínua, através da vocalização de vogais (comandos não verbais) e dos sons discretos “ck” e “ch” que desempenham as funções dos botões de um rato, apresentando ainda um sistema inovador, relativamente a aplicações do género, que facilita a tarefa de desfazer as últimas alterações realizada no desenho (sendo esta uma funcionalidade essencial para se corrigir pequenos erros sem se perder grande parte do trabalho).

Os portadores de graves limitações motoras que estão praticamente paralisados, além de utilizarem tecnologias de acessibilidade que têm como base os sistemas de reconhecimento de voz, como foi abordado neste capítulo, podem recorrer a tecnologias baseadas em sistemas de *head-tracking* ou em sistemas de *eye-tracking*. Seguidamente, com o objectivo de mostrar ao leitor uma das alternativas às tecnologias baseadas no reconhecimento de voz, é apresentado um resumo sobre os sistemas de *eye-tracking* e uma aplicação de desenho, semelhante ao *VoiceDraw*, baseada nos mesmos.

2.3.3 Sistemas *eye tracking*

Os sistemas de *eye-tracking* [40], ou detecção ocular, consistem no processo de medição da posição e do movimento dos olhos, determinando para onde uma pessoa está o olhar em cada momento e permitindo, portanto, determinar todo o traçado que a pessoa efectua com o olhar. Estes sistemas, apesar de dispendiosos, são utilizados na área das acessibilidades como substitutos dos dispositivos de *input* mais comuns, como o rato, para permitir o acesso aos meios informáticos por parte de pessoas praticamente paralisadas.

Vários tipos de aplicações informáticas para portadores de limitações motoras graves, desde processadores de texto até jogos, podem ser utilizadas com dispositivos de *eye-tracking*. À semelhança dos sistemas de reconhecimento de voz, já abordados nesta dissertação, também existem aplicações que permitem que as pessoas com deficiências possam desenhar e, em última análise, criar arte. Um desses tipos *software* é uma aplicação, conhecida por *EyeDraw* [29], que permite a pessoas que se encontram paralisadas, e que mui-

tas vezes nem conseguem falar, desenharem apenas utilizando os seus olhos. Com a fixação e o movimento do olhar os utilizadores ganham liberdade para exteriorizar as suas ideias e opiniões em forma de desenhos.

A utilização de dispositivos de *eye-tracking* é das formas mais utilizadas, e também das mais estudadas, para facilitar o acesso de portadores de graves limitações motoras às tecnologias de informação. Contudo, levando em consideração as limitações específicas de cada pessoa e a sua situação económica, os sistemas de *eye-tracking* podem ser substituídos por dispositivos e métodos de acessibilidade menos dispendiosos. Partindo do pressuposto que um utilizador paralisado consegue movimentar a cabeça, ou músculos faciais, pode recorrer a *switches* ou outro tipo de sensores para interagir com várias aplicações informáticas, como por exemplo escrever e editar textos através da utilização de teclados virtuais que disponham de um sistema de varrimentos (*Scanning System*).

2.3.4 Teclados virtuais

Um teclado virtual é um *software*, ou *hardware* [37], que fornece ao utilizador uma alternativa aos teclados tradicionais, permitindo múltiplos métodos de interacção. Esta tecnologia pode ser encontrada em dispositivos como PDAs, quiosques virtuais, caixas multibanco, e em outros dispositivos em que a utilização de um teclado clássico se torna impraticável.

A utilização de teclados tradicionais é muitas vezes um obstáculo para as pessoas que têm limitações motoras. Apesar de existirem métodos que facilitam a acessibilidade a estes dispositivos, tais como as *sticky keys* ou

filter keys, as pessoas que possuem um elevado grau de descoordenação (ou que nem sequer movimentam as mãos) não conseguem utilizá-los. A interacção dessas pessoas com os computadores apenas se torna possível com a utilização de teclados virtuais que podem ter um conjunto de características para facilitar o processo de escrita. Uma das características mais comuns é a utilização de varrimentos.

Um sistema de varrimentos consiste num cursor que se move pelas teclas, ou grupos de teclas, até que o utilizador seleccione a opção que pretende [33]. Essa selecção pode ser realizada através da utilização de um *switch* ou de qualquer outro dispositivo físico de *input*. Seguidamente são abordadas duas das principais estratégias de implementação de varrimentos em teclados virtuais, nomeadamente a estratégia de varrimentos sequencial e a estratégia de varrimentos por grupos.

No varrimento sequencial, o cursor visual percorre sequencialmente cada uma das teclas, evidenciando cada uma durante um período de tempo pré-definido, até que o utilizador seleccione a tecla pretendida usando um *switch* (ou outro dispositivo adaptado às suas necessidades). Como é evidente, esta estratégia torna o processo de escrita demasiado lento e cansativo. Esse problema pode ser atenuado através da implementação da estratégia de varrimentos por grupos.

No varrimento por grupos, o teclado virtual é visto como um conjunto de grupos, que contém teclas ou sub-grupos de teclas. O cursor visual percorre sequencialmente cada grupo até que o utilizador seleccione um deles. Quando um grupo é seleccionado, o sistema passa a fazer o varrimento dos seus sub-grupos, e assim sucessivamente até que a tecla pretendida seja escolhida [13,

12, 42].

Os sistemas de varrimentos, independentemente de estratégia utilizada, tornam sempre o processo de escrita moroso e extenuante, impossibilitando o acesso imediato à tecla pretendida. Contudo, esta desvantagem pode ser atenuada com um conjunto de outras técnicas que permitem a aceleração da escrita ou até pela própria configuração do teclado. Apesar da configuração QWERTY ser um *standard* na concepção de teclados, e inclusive estar presente na maioria dos teclados virtuais, não é a mais otimizada [33, 73]. No caso de teclados virtuais, sejam eles utilizados através de dispositivos apontadores ou de sistemas de varrimentos, o *layout* mais indicado é um em que as teclas estejam ordenadas por ordem de frequência, possibilitando que as teclas mais utilizadas em determinada linguagem estejam próximas, diminuindo um dos factores importantes na predição do tempo necessário para o movimento desde uma posição inicial até uma zona destino final (segundo a lei de Fitts [23]).

Os teclados virtuais, à semelhança de outros *interfaces* utilizados através de um qualquer dispositivo apontador, devem ser concebidos levando em consideração os dois principais factores que influenciam a performance com que são utilizados, ou seja, a dimensão das teclas e a distância entre as mesmas. Por outras palavras, devem levar em consideração a lei de Fitts [23] que, em ergonomia, prediz o tempo necessário para o movimento desde uma posição inicial até uma zona destino final em função da distância até ao objecto (neste caso botão) e do tamanho do mesmo.

Seguidamente, com o objectivo de mostrar ao leitor que existem mecanismos que permitem que o processo de inserção de dados seja mais rápido e

fácil para portadores de graves limitações motoras (como pessoas portadoras de PC), são abordadas algumas técnicas de aceleração de escrita.

2.3.5 Métodos de aceleração de escrita

São imensas as estratégias que a humanidade encontrou para aumentar a rapidez de escrita. A utilização de abreviaturas e acrónimos é, desde sempre, o reflexo da necessidade humana de acelerar o processo de escrita, representando uma palavra ou frase com apenas uma letra ou um pequeno conjunto de letras. Regra geral, todas as pessoas utilizam estas técnicas quando necessitam de tirar apontamentos numa sala de aulas, numa conferência, ou em qualquer outro lugar em que necessitam de acompanhar a rapidez de um orador.

Na actualidade, as abreviaturas são cada vez mais utilizadas, principalmente pelos jovens, em sistemas de comunicação baseados em mensagens de texto, nomeadamente em aplicações de correio electrónico, salas de *chat*, e no serviço de mensagens curtas (*short message service* ou SMS) dos telemóveis [26]. As mesmas tecnologias permitem a utilização de outras técnicas que aceleram todo o processo de elaboração de uma mensagem, oferecendo aos utilizadores sistemas de predição de palavras (*word prediction*) e sistemas de apresentação de sugestões para completar palavras (*word completion*).

Os sistemas de *word completion* funcionam do seguinte modo. De cada vez que o utilizador escreve uma letra, ou sequência de letras de uma palavra, o sistema apresenta-lhe uma lista de possíveis palavras começadas por aquele

prefixo. Esta funcionalidade permite que uma pessoa não tenha de escrever todos os caracteres da palavra pretendida, podendo diminuir o tempo necessário para escrever uma mensagem [5, 39, 16]. Por sua vez, os sistemas de predição de palavras são semelhantes aos métodos de *word completion* que, após o utilizador seleccionar a palavra que pretende, tentam prever a próxima palavra a ser escrita na frase.

Estes sistemas, apesar de terem milhares de utilizações possíveis e estarem presentes no nosso dia-a-dia, são especialmente úteis em tecnologias de acessibilidade, nomeadamente em aplicações de auxílio de escrita desenvolvidos para portadores de graves problemas motores.

2.4 Sumário

Este capítulo apresentou um resumo geral do estado da arte de algumas tecnologias de acessibilidade que servem de base à investigação relatada nesta dissertação, nomeadamente fez uma revisão geral dos conhecimentos nas áreas de sistemas de síntese de voz e métodos alternativos de interacção com o computador para portadores de deficiências. Cada uma destas tecnologias desempenha um papel preponderante na nossa sociedade, sendo um facto que são utilizadas para prestar auxílio a pessoas com deficiências.

Os sistemas de síntese de voz, além de serem utilizados em várias outras áreas, há muito que são estudados e utilizados para melhorar a qualidade de vida de quem sofre de problemas de fala ou de visão. As aplicações desenvolvidas para estas pessoas facilitam a interacção delas com os outros e com as próprias máquinas (como no caso das pessoas cegas), tornando a

comunicação destas com o mundo em seu redor mais simples e fácil. Contudo, supondo que os utilizadores também possuem limitações motoras, muitas tecnologias de acessibilidade baseadas em sistemas de síntese de voz incluem métodos de interacção para portadores de deficiências físicas [12, 42].

Alguns métodos de interacção para pessoas com limitações motoras, incluídos em muitos sistemas TTS, também são utilizados para facilitar o acesso destes utilizadores a outras funcionalidades. Existe um conjunto de aplicações de acessibilidade especificamente desenvolvidas para aumentar a velocidade de escrita dos utilizadores de sistemas informáticos, apresentando-lhes sugestões de palavras que eles podem seleccionar para completar o que estão a escrever. Embora este tipo de sistemas possa dispersar a atenção dos utilizadores, uma vez que estes têm a tarefa adicional de verificar se a palavra que pretendem escrever está na lista de sugestões e seleccioná-la, permite que pessoas com graves problemas motores escrevam com menos esforço físico e mais rapidamente.

Muitos utilizadores de métodos de aceleração de escrita, especialmente dos baseados em sistemas de predição de palavras e métodos de *word completion*, usam os periféricos comuns e escrevem os seus textos usando teclados físicos, mas as pessoas com limitações motoras mais graves utilizam periféricos adaptados e teclados virtuais implementados em *software*. Os teclados virtuais mais avançados já incorporam estes sistemas, assim como sistemas de abreviaturas, nas suas características de acessibilidade. Aliás, estes métodos são especialmente úteis para atenuar a morosidade associada à utilização de sistemas de selecção por varrimentos por parte de pessoas que só conseguem interagir com os meios informáticos através de um *switch* ou

qualquer outro periférico de entrada adaptado às suas necessidades. Porém, quando os utilizadores se encontram quase paralisados e têm dificuldades de dicção, a interacção com estes sistemas também pode ser feita com recurso a sistemas de *eye-tracking* e a aplicações baseadas em sistemas de reconhecimento de voz que interpretam comandos não verbais.

Salienta-se que as desvantagens inerentes à utilização de teclados, sejam eles virtuais ou não, podem ser ultrapassadas com recurso a aplicações que reconhecem e convertem em texto tudo o que a pessoa diz. Estes sistemas, que apenas podem ser utilizados por quem consegue falar, vêm colmatar as dificuldades de interacção das pessoas que não se conseguem movimentar e eliminam o problema da morosidade que está inerente à inserção de texto escrito. Contudo, este tipo de sistemas tem a desvantagem de não estar 100% livre de falhas e apresentar maus resultados em ambientes com muito ruído.

Pode-se afirmar que todas as tecnologias de acessibilidade utilizadas para atenuar as limitações das pessoas com deficiências apresentam vantagens e desvantagens, podendo ser complementares entre si. Por exemplo, o leitor acabou de constatar ao longo deste capítulo, mais especificamente na secção 2.3, que existem aplicações baseadas em sistemas de reconhecimento de voz que podem substituir a necessidade de utilização de um teclado, mas também constatou que um utilizador pode usar a tecnologia de reconhecimento de voz para interagir com um sistema de varrimentos de um teclado virtual através da emissão de sons discretos. O leitor ainda constatou que existem aplicações baseadas em sistemas de reconhecimento de voz, ou em sistemas de *eye-tracking*, que permitem controlar o computador com coman-

dos de voz ou a simples fixação e movimento de um olhar.

Contudo, convém salientar que estas aplicações de acessibilidade são inúteis se os utilizadores não possuem os periféricos adequados para interagir com o computador. Frisa-se que muitas destas pessoas não conseguem utilizar os meios informáticos através dos periféricos mais comuns (e.g. teclados, ratos, *touchpads*, ecrãs, entre outros), tendo a necessidade de usar dispositivos físicos de interação alternativos (*trackballs* [70], *joysticks* [71], microfones, *Sip-and-puff*, *switches*, *webcams*, sistemas de *head-tracking* [34], teclados adaptados, entre outros) para conseguirem interagir com as aplicações de *software* instaladas nas máquinas. Por exemplo, não serve de nada uma pessoa com graves limitações físicas ter um teclado virtual com um sistema de varrimentos instalado na sua máquina se não possuir um *switch*, ou qualquer outro periférico adequado às suas necessidades, que o permita utilizar.

Após esta revisão geral das diversas tecnologias de acessibilidade que servem de base a este trabalho, onde foram mostradas algumas das suas vantagens e desvantagens, analisa-se os meios tecnológicos utilizados no dia-a-dia de utentes de uma instituição particular de solidariedade social que pretende solucionar problemas relacionados com a PC, e estuda-se como ao longo dos tempos algumas tecnologias têm sido adaptadas para facilitar a integração dos portadores de PC no sistema de ensino. O próximo capítulo faz uma análise empírica, ainda que baseada em trabalhos científicos, da utilização de tecnologias de acessibilidade no quotidiano dos portadores de PC e retrata a importância das TIC na sua integração em instituições de ensino. Também se aborda como a teoria construcionista, criada por Papert [53, 54] em finais dos anos 60, pode ajudar as pessoas com paralisia cerebral a terem uma me-

lhora aprendizagem e como algumas tecnologias, oriundas desta teoria, podem ser utilizadas para melhorar a qualidade de vida dessas pessoas.

Capítulo 3

Tecnologias de acessibilidade utilizadas no quotidiano

3.1 Introdução

A existência de meios tecnológicos que ajudam os seres humanos a realizar as suas tarefas diárias, superando muitas das limitações impostas pelos seus corpos, é apenas um factor a ser equacionado quando exploramos o mundo das tecnologias de acessibilidade. O facto das tecnologias existirem não significa necessariamente que sejam acessíveis à maioria dos portadores de deficiências, visto que muitas dessas pessoas, e respectivas famílias, não têm capacidade económica para adquirir dispositivos e aplicações que pela sua especificidade estão no mercado a preços elevados. É importante analisar-se a utilização das várias tecnologias no quotidiano das pessoas com deficiências, o modo como esses utilizadores adaptam as tecnologias que têm ao seu dispor às suas necessidades específicas, a forma como comunicam com o mundo que os ro-

deia, e a contribuição das TIC para a sua integração no sistema educativo e na sociedade.

Este capítulo tenta mostrar como os meios tecnológicos são utilizados na prática pelos utentes de uma instituição privada de solidariedade social, sediada na cidade de Faro, considerando que nem sempre existem os recursos financeiros necessários para a compra de todas as tecnologias de acessibilidade que existem no mercado e que, por este motivo, os seus profissionais necessitam de adaptar muitas das tecnologias de que dispõem às necessidades específicas de determinados utentes. O factor humano, e mais especificamente a dedicação de todos os funcionários desta instituição às pessoas que a frequentam, é determinante para garantir que os utentes disponham das melhores condições possíveis para acederem às TIC. A adaptação, ou a reutilização, dos meios tecnológicos existentes para outros fins é há muito a solução para viabilizar o acesso dos portadores de deficiências à sociedade da informação, considerando que as tecnologias de acessibilidade especificamente desenvolvidas para esse fim estão acima das capacidades económicas de muitos desses indivíduos, das suas famílias, ou das instituições que frequentam.

A análise da utilização de tecnologias de acessibilidade no quotidiano dos portadores de deficiências, mais especificamente dentro do contexto sócio-económico de uma cidade do nosso país, é fundamental para se adquirir sensibilidade às dificuldades práticas que cada uma dessas pessoas enfrenta ao utilizá-las. Esta sensibilidade é essencial quando se pretende desenvolver novas tecnologias de acessibilidade, permitindo que os sistemas implementados para facilitar a interacção do utilizador com computador não apresentem

as mesmas limitações detectadas em outros meios tecnológicos. Além da percepção de questões técnicas, como a usabilidade das tecnologias utilizadas, o contacto com os utentes dessa instituição também permite ganhar consciência do elevado custo da maioria das tecnologias de acessibilidade, sensibilizando os investigadores para a necessidade de estudar e desenvolver meios tecnológicos mais económicos.

O leitor pode ainda ver neste capítulo um resumo das tecnologias utilizadas por um portador de PC durante o seu percurso académico. Como referido no capítulo introdutório desta dissertação, mais especificamente na secção em que se expõe as motivações deste trabalho, esse aluno sou eu e o estudo aqui reportado resulta de um artigo [8], escrito com vários colegas, que analisa os vários meios tecnológicos utilizados ao longo do meu percurso académico. Um ponto relevante neste artigo é a importância que a linguagem de programação Logo, introduzida nas escolas portuguesas no âmbito do projecto MINERVA, desempenhou nesse percurso escolar. Aliás, o projecto MINERVA, iniciado em meados dos anos 80, fomentou a introdução de meios informáticos nas salas de aulas. A linguagem de programação Logo é especialmente vocacionada para crianças e foi concebida nos finais dos anos 60 integrada na teoria construcionista de Papert [53, 54] que defende que a criança aprende explorando o mundo. O Logo é na sua essência uma linguagem de programação que permite efectuar essa exploração em “micro-mundos” virtuais com a ajuda de uma tartaruga.

O contacto deste estudante com o ambiente de programação Logo, e indirectamente com a teoria construcionista, permite que se estabeleça um paralelo com a experiência de Mike, um indivíduo que participou num estudo

no âmbito dos trabalhos de doutoramento desenvolvidos por José Armando Valente [67] no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), para a criação de ambientes de aprendizagem para portadores de deficiências baseados na utilização de computadores. Neste capítulo pode-se encontrar esse paralelo entre os dois casos, evidenciando a importância que as tecnologias construcionistas tiveram nestes dois percursos de vida. Também se aborda como as tecnologias construcionistas mais recentes, criadas com o objectivo de enriquecer ambientes de aprendizagem em países do terceiro mundo, podem ser utilizadas para criar sistemas de acessibilidade mais económicos.

3.2 Análise empírica das tecnologias utilizadas na Associação Portuguesa de Paralisia Cerebral

Todas as tecnologias abordadas no capítulo 2 podem ser encontradas à venda no mercado. Contudo, muitas das tecnologias que facilitam a interacção dos portadores de deficiências com a sociedade são dispendiosas. É, portanto, essencial a quem quer desenvolver investigação no campo das acessibilidades, analisar que tecnologias são de facto utilizadas no dia-a-dia das pessoas com deficiência, verificando se as mesmas são as mais adequadas para as limitações em causa ou se são tecnologias de acessibilidade mais económicas adaptadas para atenuar as limitações específicas de um determinado utilizador. Esta análise deve levar em consideração a situação sócio-económica do indivíduo, da sua família, da instituição que frequenta, e do país de que é oriundo. Claro

que as pessoas portadoras de deficiências que vivem em países do terceiro mundo não têm um acesso à tecnologia semelhante às que residem em países Europeus ou nos EUA.

Antes desta investigação começar, e com o objectivo de se obter uma perspectiva mais realista das limitações que a maioria dos portadores de PC enfrentam diariamente, estabeleceu-se contacto com o Núcleo Regional de Faro da APPC para pedir que facultassem informações sobre as tecnologias de acessibilidade que utilizam e dessem permissão para se observar como os utentes usam-nas no seu quotidiano. Desde então, e até ao presente momento, tem-se trabalhado em estreita colaboração com esta instituição para analisar, estudar, e desenvolver tecnologias que facilitem a interacção dos seus utentes com o mundo que os rodeia.

No âmbito desta colaboração, iniciada no ano de 2004, os utentes desta instituição passaram a frequentar semanalmente as instalações da Universidade do Algarve desde Abril de 2006, com o intuito de contribuírem para o desenvolvimento e para a adaptação de aplicações que promovam a sua autonomia no domínio da comunicação. Estas visitas contribuíram, ainda que indirectamente, para a melhoria do sistema *EasyVoice*, descrito no capítulo 4, que começou a ser desenvolvido em meados de 2005.

Nesta instituição verificou-se as dificuldades de comunicação que muitos portadores de PC enfrentam diariamente, tendo apenas a oportunidade de comunicar com os seus educadores, amigos, e familiares através de tabelas de comunicação, teclados de conceitos, sintetizadores de voz, ou de aplicações informáticas que permitam a comunicação (usando texto escrito ou linguagem pictográfica). Seguidamente, antes de se analisar as tecnologias utilizadas

na APPC para atenuar as limitações dos seus utentes, explica-se o que é a paralisia cerebral e quais os problemas que os seus portadores enfrentam.

3.2.1 O que é a paralisia cerebral

A paralisia cerebral (PC) [41], identificada pela primeira vez por William John Little, caracteriza-se por ser uma perturbação do controle da postura e dos movimentos causada por uma lesão não progressiva de uma ou várias regiões do cérebro provocada, geralmente pela falta de oxigenação deste, durante o período de gestação, no momento do parto, ou na fase após o parto em que o cérebro continua a se desenvolver [67]. As causas que originam essas lesões cerebrais podem ser atribuídas a diversos factores (entre os quais pode-se salientar a exposição a produtos tóxicos ou infecções durante a gravidez, o nascimento prematuro, a asfixia durante o parto, as hemorragias cerebrais, traumatismos cranianos, ou as sequelas de infecções no cérebro), contudo, numa grande parte dos casos ainda não é possível determinar a causa da PC.

Pode-se classificar a PC de acordo com a natureza da perturbação do movimento que predomina, nomeadamente pode-se estar perante um paciente que seja portador de PC Espástica, PC Atetósica, PC Atáxica, e PC Mista.

Paralisia Cerebral Espástica. Este tipo de PC é mais comum e é caracterizado por um aumento da tonicidade muscular com a limitação da capacidade de relaxamento da região afectada. Este tipo de paralisia cerebral pode ser classificada como hemiparésia, diplegia, ou tetraparésia, sendo que a primeira afecta os membros de um dos lados do corpo (esquerdo ou direito), a segunda afecta ambos os membros inferiores, e a

última afecta os quatro membros e o troco.

Paralisia Cerebral Atetósica. É menos comum que a PC Espástica e caracteriza-se pela presença de movimentos involuntários do tronco, dos membros, e da face. Este tipo de PC afecta geralmente a capacidade de articulação da fala.

Paralisia Cerebral Atáxica. Este tipo de PC também é pouco comum e caracteriza-se por perturbações do equilíbrio e da coordenação, estando geralmente associadas a uma baixa tonicidade muscular.

Paralisia Cerebral Mista. É caracterizada por ser a combinação de pelo menos dois dos tipos descritos anteriormente.

As limitações dos portadores de PC variam, consoante a sua classificação, podendo ir das mais simples às mais complexas. Uns têm perturbações ligeiras no movimento das mãos, no andar, e na fala, podendo até ser imperceptíveis à primeira vista. Outros, por sua vez, sofrem de perturbações graves que causam incapacidade motora grave, impossibilitam o andar e o falar, tornando-os dependentes de terceiros para desempenharem as tarefas do quotidiano. Essas limitações podem ser atenuadas com a utilização de certas tecnologias de acessibilidade, tornando a vida dos portadores de PC mais facilitada (caso tenham limitações ligeiras) ou mais independente (caso sofram de perturbações graves).

Convém salientar que os portadores de PC têm geralmente uma inteligência normal ou até mesmo excepcional, embora possa existir casos de atraso intelectual, causado por lesões cerebrais ou apenas pela falta de ex-

periências que resultam das suas limitações. Muitas pessoas portadoras de PC podem ser confundidas com portadoras de atraso mental, embora não o tenham, devido aos seus movimentos involuntários e a sua incapacidade de falar. Estes preconceitos [8] podem ser, e são muitas vezes, superados com recurso a tecnologias que facilitem a comunicação dessas pessoas com o mundo que as rodeia, o seu acesso à educação, e a sua integração na sociedade.

3.2.2 Meios tecnológicos utilizados para atenuar as limitações motoras e as dificuldades de comunicação

O leque de tecnologias de acessibilidade que pode ser utilizado para atenuar as dificuldades dos portadores de PC é bastante amplo. Na verdade, os portadores de limitações ligeiras não frequentam diariamente a APCC e utilizam o computador, ou qualquer outro meio informático, para atenuar as suas dificuldades de comunicação e, possivelmente, algumas limitações motoras (por exemplo, ligeiros tremores podem tornar a escrita de uma pessoa pouco perceptível e a utilização de processadores de texto elimina esse problema). Aliás, muitos portadores de PC conseguem superar pequenas limitações do seu dia-a-dia recorrendo apenas às normais ferramentas informáticas (ou antigamente com recurso às máquinas de escrever), integrando-se plenamente no sistema educativo, no mercado de trabalho, e na sociedade [8].

Muitas vezes, quando as limitações os impedem de falar, recorrem a sistemas TTS adaptados às suas outras limitações. Supondo que utilizam bem um teclado normal, embora sejam lentos a escrever, tentam escolher um TTS que disponha de métodos de aceleração de escrita, caso contrário procurarão um



Figura 3.1: Imagem de ecrã de uma aplicação TTS acessível para portadores de limitações motoras.

produto que disponha de um teclado virtual que permita a entrada directa dos dados através de um dispositivo apontador ou através de um sistema de varrimentos. Na figura 3.1 pode-se ver o *interface* de um sistema TTS que dispõe dessas características [42, 12].

Este sistema, conhecido como “*Toque de voz*”, é apenas um de muitos que oferecem um conjunto de métodos de acessibilidade para permitir que um portador de problemas na fala, mesmo com severas limitações motoras, possa comunicar com os outros de uma forma fácil. Estes sistemas são muito adequados aos portadores de PC porque, geralmente, sofrem de múltiplas limitações, sendo o problema de fala apenas mais uma “barreira” que têm de enfrentar para se integrarem na sociedade.

Além dos sistemas de síntese de voz, que de facto facilitam a comunicação e interacção com os outros, os portadores de PC usam o computador como ferramenta de trabalho, utilizando muitas vezes funções de acessibilidade

oferecidas pelos sistemas operativos ou outros produtos disponíveis no mercado. Aliás, partido da premissa que grande parte dessas pessoas têm muita dificuldade em interagir com certas aplicações usando os teclados físicos tradicionais ou mesmo dispositivos apontadores, o acesso aos meios informáticos é feito com recurso a teclados virtuais que dispõem de uma série de características de acessibilidade. A interação das pessoas portadoras de PC com esses teclados, abordados no capítulo 2 desta dissertação, pode ser feita com o auxílio de dispositivos físicos adaptados às suas limitações.

Os teclados virtuais, assim como outros tipos de *software* de acessibilidade, estão disponíveis no mercado e, consoante o preço, dispõem de mais ou menos funcionalidades de auxílio aos portadores de limitações. Contudo, vários sistemas operativos já incluem várias aplicações de acessibilidade que, embora tenham características muito limitadas, permitem que portadores de limitações menos graves os possam utilizar. Na figura 3.2 pode-se observar um teclado virtual, também conhecido por teclado de ecrã, que vem no conjunto de aplicações de acessibilidade do sistema operativo Windows da *Microsoft* e, apesar de não possuir métodos de auxílio de escrita avançados, permite que os portadores de limitações motoras possam interagir com os vários tipos de *software* que correm neste sistema. Até mesmo portadores de limitações motoras um pouco mais severas, incapazes de controlar dispositivos apontadores de forma precisa, podem utilizar este teclado através do seu sistema de varrimentos.

Os teclados virtuais incluídos nos diversos sistemas operativos, apesar de não possuírem funcionalidades avançadas, são utilizados no quotidiano de vários portadores de limitações motoras e permitem que estes utilizem a mai-



Figura 3.2: Teclado de ecrã incluído nas aplicações de acessibilidade fornecidas com o sistema operativo Windows.

oria das aplicações presentes nos mesmos sistemas. Salienta-se que quando foram realizados testes de usabilidade ao sistema “*Toque de voz*”, há uns anos atrás, alguns dos participantes estavam tão habituados ao teclado de ecrã do Windows que começaram por ignorar as funcionalidades de aceleração de escrita. Destaca-se o caso de um jovem portador de PC que frequenta, e na altura já frequentava, o ensino regular, utilizando o teclado virtual do Windows para escrever em processadores de texto ou efectuar outras tarefas no computador. A razão porque este jovem, então excelente aluno da escola primária, não estava habituado a teclados com funcionalidades mais avançadas apenas pode ser especulada, mas pode-se dizer que uma das causas prováveis pode ser o desconhecimento da existência de teclados com essas características.

Os utentes da APPC que têm limitações mais graves têm ao seu dispor teclados virtuais, conhecidos por sistemas GRID e comercializados pela ANDITEC, que possibilitam a comunicação aumentativa (CA), o controlo de ambientes e o acesso ao próprio computador. O acesso a esta aplicação pode ser feito com recurso a qualquer dispositivo apontador — rato, *track-*

balls, *joysticks*, ecrãs de toque, entre outros dispositivos do género — ou com recurso a dispositivos que permitem a utilização do sistema de varrimentos, nomeadamente através de *switches* e sistemas de *head-tracking* (como o “*Tracker Pro*” da Madentec).

O Núcleo Regional de Faro da APPC dispõe de uma grande variedade de dispositivos apontadores e *switches*, como é observado na figura 3.3, para facilitar o acesso dos seus utentes às TIC. Salienta-se que cada um dos *switches* é mais adequado a determinados tipos de limitações, existindo uns que são mais sensíveis ao toque que outros. O *joystick*, que também pode ser observado na mesma figura, é essencialmente utilizado por uma jovem portadora de PC, que se encontra “presa” a uma cadeira de rodas eléctrica, para interagir com o computador. Esta jovem, que mal controla os seus movimentos e não se consegue exprimir oralmente, interage com as TIC com um dispositivo muito semelhante àquele com que controla a sua cadeira de rodas, tal como outros portadores de limitações interagem com o sistema *EdgeWrite* através dos controlos das suas cadeiras eléctricas [71]. Este paralelo com a literatura é interessante e, em última análise, evidência a importância do estudo de métodos de interacção alternativos que facilitem o acesso dos portadores de deficiências aos meios informáticos.

O acesso aos meios informáticos que este dispositivo de interacção proporciona à jovem, assim como a várias pessoas com as mesmas limitações, atenua as suas dificuldades em interagir e comunicar com os seus amigos, educadores, colegas e familiares. A interacção dela com mundo exterior é facilitada com a utilização de aplicações como o GRID, TTS adaptados às suas limitações, entre outros tipos de *software* de acessibilidade. Salienta-se que



Figura 3.3: Alguns dispositivos apontadores e *switches* utilizados por utentes da APPC.

esta jovem, devido às suas graves limitações motoras e à incapacidade de falar, nunca teve oportunidade de frequentar o ensino regular, tendo aprendido a ler e a escrever algumas palavras na própria instituição. Aliás, o método de aprendizagem dos utentes da APPC, pelo menos para aqueles que não se conseguem integrar no ensino regular, segue uma linha muito semelhante à abordagem sugerida pela teoria construcionista [53, 54, 67].

Outros dispositivos, muito utilizados neste núcleo da APPC, são os teclados de conceitos, que diferenciam-se dos teclados físicos convencionais por permitirem que as suas funções sejam alteradas com a simples mudança de grelhas, facilitando a interação dos portadores de PC com os computadores e com as respectivas aplicações. A vantagem destes teclados, sensíveis ao tacto e sem teclas pré-definidas, é poderem ser facilmente adaptados às actividades pedagógicas que estejam a ser desenvolvidas, sendo assim óptimos para ajudar na inserção das pessoas com deficiências no ensino regular.

Pode-se afirmar que, apesar desta instituição não possuir fundos ilimita-

dos, os utentes da APPC têm acesso a algumas das melhores tecnologias de acessibilidade existentes no mercado e, conseqüentemente, podem interagir mais facilmente com os meios informáticos e com as pessoas que os rodeiam. É certo que não se encontra, pelo menos neste núcleo da instituição, dispositivos tão dispendiosos como os sistemas de *eye-tracking*. De qualquer forma, tendo em conta a realidade sócio-económica do país, pode-se dizer que se encontra os meios tecnológicos necessários para atenuar algumas das limitações que os portadores de PC enfrentam no seu quotidiano. Seguidamente, pode ver um sumário deste ponto e a importância que o factor humano assume para garantir o acesso dos utentes às TIC.

3.2.3 Sumário das tecnologias utilizadas

Ao longo dos últimos anos analisou-se quais as tecnologias de acessibilidade mais utilizadas no quotidiano de vários portadores de PC, utentes do Núcleo Regional de Faro da APPC, dando especial atenção à forma como estas atenuam as suas limitações. Grande parte dos seus utentes apresentam severas limitações motoras e problemas ao nível da fala, usando as TIC como forma de facilitar a sua interacção e comunicação com as outras pessoas. É amplo o leque de limitações que um portador de PC pode possuir, sendo de destacar, pelo menos nos casos mais graves, que as dificuldades de comunicação e de interacção com o mundo exterior são as principais barreiras à sua integração na sociedade.

Os utentes desta instituição dispõem, contudo, de uma grande variedade de dispositivos físicos que facilitam a sua interacção com os computadores e,

consequentemente, com aplicações informáticas que os ajudam a atenuar as suas limitações, nomeadamente com sistemas TTS, teclados virtuais, processadores de texto, *browsers web*, aplicações educacionais, sistemas de comunicação aumentativa e de controlo de ambientes (e.g. GRID), entre outros tipos de *software*. Constatou-se que este núcleo da APPC possui uma grande variedade de *switches*, *trackballs*, *joysticks*, ecrãs de toque, teclados de conceitos, sistemas de *head-tracking*, entre outros dispositivos que possibilitam que os seus utentes acedam aos meios informáticos. Aliás, como foi referido acima, pode-se afirmar de forma categórica que esta instituição está relativamente bem apetrechada ao nível das tecnologias de acessibilidade e, consequentemente, está preparada para auxiliar os seus utentes.

Contudo, como nem tudo é perfeito, muitas vezes os funcionários da APPC e algumas pessoas amigas desta instituição têm a necessidade de adaptar algumas tecnologias às necessidades específicas dos seus utentes. Salienta-se, aliás, que o pai de um dos utentes “constrói” *switches* recorrendo à adaptação de dispositivos apontadores convencionais, nomeadamente através da reutilização de ratos antigos. Este tipo de adaptação pode possibilitar que alguns portadores de PC possam levar para casa meios que substituem, ainda que não plenamente, dispositivos de acessibilidade que são comercializados a preços relativamente elevados, permitindo também que haja mais mecanismos que facilitam a acessibilidade às TIC no próprio Núcleo Regional de Faro da APPC.

Salienta-se que as TIC têm desempenhado, desde sempre, um papel fundamental para a integração das pessoas com deficiências em vários sectores da sociedade, mesmo que muitos desses meios tecnológicos não tenham sido es-

pecificamente desenvolvidos para esse objectivo. Muitas vezes, mesmo antes de terem acesso a tecnologias de acessibilidade, os portadores de deficiências tentam desenvolver mecanismos de adaptação que lhes permitam aceder às TIC, que embora concebidas para outros fins, podem melhorar consideravelmente as suas vidas. Um exemplo, já abordado no capítulo introdutório, é a importância que uma simples máquina de escrever pode adquirir para uma pessoa que não dispõe de coordenação suficiente para escrever de forma perceptível usando papel e caneta.

Seguidamente, aborda-se como as tecnologias comuns podem ser adaptadas e utilizadas para auxiliar os portadores de deficiências a superar as suas limitações. Nesta secção não se pretende abordar as tecnologias de acessibilidade no verdadeiro sentido do termo, pretende-se mostrar como meios tecnológicos desenhados para outros objectivos podem se tornar ferramentas que facilitam a interacção e a comunicação dos portadores de deficiências com os outros. O leitor começa por observar um estudo sobre as tecnologias que um portador de paralisia cerebral utilizou ao longo do seu percurso académico, assimilando também alguns dos preconceitos sociais que a sua mãe teve de enfrentar para conseguir inseri-lo no ensino regular [8]. Este percurso escolar, com ênfase na utilização das tecnologias construcionistas, é comparado com um estudo que foi desenvolvido no MIT, no âmbito da tese de doutoramento de Valente [67], sobre a criação de ambientes de aprendizagem para portadores de deficiências baseados na utilização de computadores. Também aborda-se como algumas tecnologias construcionistas, desenvolvidas para enriquecer os ambientes educacionais de países do terceiro mundo, podem ser utilizadas no desenvolvimento de meios de acessibilidade mais

económicos.

3.3 Adaptação das tecnologias existentes

Os portadores de deficiências, inclusive os que possuem PC, têm de se adaptar ao mundo que os rodeia e, também, adaptarem os objectos desse mundo às suas limitações específicas. Esta interacção entre as pessoas portadoras de limitações e o mundo é um processo complexo, composto por muitas barreiras, que pode ser exemplificado de uma forma muito simples e num contexto totalmente diferente.

Pede-se ao leitor que utilize a sua imaginação para viajar até ao seu passado, à altura em que era criança, e tente lembrar-se das dificuldades que sentia para utilizar os utensílios dos adultos (abrir uma luz, ir a uma casa de banho, ou encher um simples copo de água). Pode-se dizer que o mundo dos adultos tem obstáculos que limitam a própria interacção das crianças. Tal como uma criança tenta arranjar meios de se adaptar ao ambiente dos adultos (e.g. subindo a um banco para aceder a um objecto que está fora do seu alcance), um portador de deficiências tenta descobrir formas de atenuar as suas limitações. Contudo, a grande diferença é que uma criança saudável cresce e, assim, o “gigantesco” mundo dos adultos transforma-se no seu mundo normal, enquanto um portador de deficiências precisará sempre de mecanismos que o ajudem a interagir com esse mundo.

Desde crianças que os portadores de deficiências começam a sua fase de adaptação ao mundo, que quase nunca é concebido a pensar nas suas limitações, e utilizam alguns utensílios para conseguirem interagir melhor com

o ambiente que os circunda. Salienta-se que desde tenra idade que estas pessoas, como quaisquer outras crianças, devem ter a possibilidade de explorar o mundo, adquirir experiências com os sucessos ou os erros resultantes dessa exploração [53, 54], e desenvolver assim as suas capacidades intelectuais. A existência de brinquedos adaptados é tão essencial para promover a integração dos portadores de deficiências na sociedade como qualquer outra tecnologia de acessibilidade.

Pode-se basear esta afirmação na teoria construcionista de Papert [53, 54] que, por sua vez, é derivada da teoria de construção do conhecimento proposta pelo famoso psicólogo suíço, Jean Piaget. Esta teoria de Piaget defende que a criança começa a desenvolver a sua própria estrutura de conhecimento assim que nasce, com base na sua interacção com os objectos que a rodeiam, sendo que as estruturas de raciocínio evoluem e substituem-se umas às outras através de quatro estágios, nomeadamente o estágio sensório motor, o estágio pré-operatório, o estágio operatório concreto e o estágio operatório formal.

As crianças começam a sua aprendizagem brincando e interagindo com o ambiente em que estão inseridas, servindo-se da curiosidade que lhes é intrínseca para adquirir conhecimentos e apreender conceitos de uma forma natural. Pode-se salientar, e Papert também utiliza muito este exemplo, que as crianças aprendem a falar através da sua interacção directa com as pessoas que as rodeiam. Ninguém ensina uma criança a falar o idioma dos seus pais, pelo menos no sentido formal do termo, mas a sua interacção com estas pessoas que fazem parte integrante do seu ambiente faz com que adquira esse conhecimento. Muitos outros conhecimentos são adquiridos através do contacto das crianças com o meio e da estimulação que, por sua vez, o meio

lhes provoca. Assim, à partida, as crianças portadoras de deficiências, tendo mais dificuldade em interagirem com o mundo que as outras, enfrentam mais obstáculos para adquirirem esses conhecimentos. A adaptação de brinquedos, de tecnologias e de ambientes pode ajudar a quebrar alguns desses obstáculos.

Ao longo desta dissertação, pretende-se também mostrar que muitas tecnologias comuns, não sendo especificamente desenhadas como ferramentas de acessibilidade, têm desempenhado um papel fundamental ao facilitar a integração de pessoas portadoras de limitações em vários sectores da sociedade. Neste capítulo mostra-se como essas tecnologias, inclusive algumas desenvolvidas à luz da teoria construcionista, podem ser adaptadas para colmatar as dificuldades dos portadores de PC.

Seguidamente, aborda-se a importância que algumas tecnologias comuns tiveram na vida académica de um jovem portador de PC, analisando como as TIC o ajudaram a se integrar no sistema educativo e salientando que a adaptação de mentalidades deve acompanhar a adaptação tecnológica. Salienta-se também o impacto que o seu contacto com a linguagem de programação Logo, ainda na escola primária, teve nas suas escolhas académicas e profissionais.

3.3.1 Caso de estudo da vida académica de um portador de paralisia cerebral

A análise deste caso de estudo, que pode ser generalizada para outros casos, é um exemplo de como as tecnologias podem ser adaptadas para colmatar as dificuldades dos portadores de PC, observando-se a variedade de tecnologias

que este estudante usou ao longo de quase 20 anos de vida académica.

Esta análise pode ser dividida em dois grandes tópicos, nomeadamente os factores sociais e os factores tecnológicos. É certo que as tecnologias ajudam os portadores de deficiências, ou pelo menos a maioria deles, a atenuar as suas limitações e a superar muitas barreiras. Contudo, como se pode constatar neste artigo [8], muitas vezes essas pessoas têm de enfrentar barreiras que lhes são impostas pela própria sociedade, causadas por preconceitos há muito ultrapassados mas que ainda ocupam lugar na mente colectiva da nossa civilização. Na sociedade portuguesa ainda existem muitos preconceitos em relação às pessoas portadoras de deficiência. Embora esta sociedade esteja a evoluir, principalmente depois da entrada do país na União Europeia, ainda tem muito a cultura do deficiente coitado e incapaz, principalmente nas regiões do interior.

Por vezes, e provavelmente não tão poucas como se julga, as famílias das pessoas com deficiências não são correctamente informadas das deficiências específicas dos seus entes queridos. Esta lacuna grave, contribui ainda mais para o mito que a pessoa deficiente é incapaz. Esta forma de tratar as pessoas que possuem algum tipo de deficiência é errada e, tal como Valente diz na sua dissertação [67], deve-se tratar os portadores de deficiência como pessoas normais e estimulá-los a efectuarem, ou pelo menos a tentarem efectuar, as suas tarefas do dia-a-dia com o máximo de independência possível. É um facto que, muitas vezes, quando uma pessoa não consegue realizar determinada tarefa há a tendência natural para a ajudar, contudo essa ajuda é geralmente dada de uma forma errada, evitando que essa pessoa desenvolva a sua independência. Deve-se por isso ajudar sem realizar a tarefa toda pela

pessoa, sempre que possível, mas auxiliando-a e incentivando-a para realizar esse trabalho com a maior autonomia possível, recorrendo ou não ao auxílio de meios tecnológicos que atenuem as suas limitações.

Felizmente, a família deste aluno, que se está a analisar, esclareceu-se sobre o problema dele e não o tratou como um coitado que não percebia de nada do que lhe era dito, pelo contrário, a família sempre falou com ele como a qualquer outra pessoa e incentivou-o a descobrir o mundo que o rodeava. Esta atitude contribuiu bastante para o sucesso académico dele.

Um bom exemplo de falta de informação, ou de cultura, nas instituições escolares Portuguesas, em plenos anos 80, observa-se analisando as dificuldades levantadas para a aceitação deste aluno na escola primária. Quando a sua mãe o inscreveu na escola primária mais próxima da sua residência foi aconselhada por pessoas desse estabelecimento de ensino a retirá-lo e a colocá-lo numa escola de ensino especial. Segundo a mãe deste aluno, pouco tempo antes desta situação ocorrer tinha sido aprovada a lei que contempla a integração das pessoas deficientes no sistema educativo. Ela serviu-se dessa lei para o manter nesse estabelecimento de ensino e exigiu uma *Equipa de Educação Especial* (EEE) para o acompanhar como estava previsto na lei. A atitude das pessoas que aconselharam esta mãe a colocar o seu filho numa escola especial revela uma total falta de conhecimento sobre as limitações e as capacidades dele.

Infelizmente, apesar de existir muita legislação, a sociedade portuguesa apresenta também outras barreiras que são muito mais visíveis e flagrantes, e que poderiam ser facilmente derrubadas com alguma vontade dos responsáveis pela construção de edifícios e pelos transportes públicos. Está-se

a falar das terríveis barreiras arquitectónicas que muitos cidadãos com deficiências têm de ultrapassar diariamente, tornando-os em verdadeiros atletas de obstáculos. A verdade é que existem muitos países em que é extremamente fácil para qualquer deficiente apanhar um comboio ou um autocarro sem necessidade de auxílio externo. Porém, em Portugal ainda é muitas vezes complicado uma pessoa com limitações motoras apanhar um transporte público ou aceder a uma caixa multi-banco sem ajuda de terceiros, sendo também notórias as barreiras arquitectónicas em vários edifícios públicos. Existem tecnologias que permitem um acesso muito mais fácil aos transportes públicos, tais como rampas de acesso, mas nem sempre a tecnologia é utilizada devido a factores de ordem burocrática ou a puro esquecimento.

Embora esta pequena análise das barreiras sociais que os deficientes enfrentam quotidianamente seja importante para alertar que às vezes a própria sociedade cria obstáculos à sua integração, a forma como este aluno utilizou a tecnologia ao longo do seu percurso académico é que merece mais destaque no contexto desta dissertação. Este caso particular pode ser generalizado a vários outros casos.

Durante o primeiro ano do ensino básico, após a mãe do aluno ter ganho a “batalha” para que este fosse aceite no estabelecimento de ensino, notou-se que a caligrafia dele era muito pouco perceptível, devido ao tremores provocados pela sua PC. Por este motivo, para facilitar as suas tarefas escolares, foi-lhe atribuída uma máquina de escrever eléctrica. Este foi o primeiro meio tecnológico que o aluno utilizou para colmatar a sua dificuldade de escrita e melhorar a sua capacidade de comunicação com o mundo exterior, apesar desta tecnologia apresentar a desvantagem de não possuir um sistema sim-

ples para a correcção de erros ortográficos (como foi salientado no capítulo introdutório desta dissertação).

A máquina de escrever tornou-se o principal meio tecnológico utilizado pelo aluno, durante todo o ensino básico, para realizar as suas tarefas escolares tal como os demais alunos. Contudo, pode-se afirmar que a vida deste jovem se alterou quando a sua turma foi escolhida para participar no projecto MINERVA, uma iniciativa nacional que teve como principal objectivo proporcionar equipamento informático para escolas, formação de professores e oferecer a possibilidade dos alunos descobrirem as TIC. Neste âmbito o estudante passou a poder aceder a um computador, durante algumas horas semanais, e a utilizar a linguagem de programação Logo para “desenhar”, escrever e desenvolver pequenas animações.

A marca que os meios informáticos deste projecto deixaram na vida deste aluno é inegável e permite, mais uma vez, que se faça um paralelo com o trabalho de Valente [67], existindo uma grande semelhança entre as experiências do jovem em que esta análise se foca e as do Mike. Salvo as devidas diferenças, principalmente a diferença etária e o facto de frequentarem graus de ensino diferentes (visto que Mike frequentava o secundário), ambos ficaram encantados com a “independência” que a linguagem de programação Logo lhes dava e ambos decidiram seguir carreiras potencialmente relacionadas com informática.

Tal como Mike, através da sua interacção com o ambiente de programação Logo, este aluno do ensino básico também melhorou a sua capacidade de escrita, a sua interacção social, a sua capacidade de coordenação motora e, tendo em conta a idade, os seus dotes de programação. Este jovem aprendeu

os conceitos básicos de programação (e.g. conceito de iteração, conceito de procedimento, conceito de recursividade) sem notar que estava aprendendo a programar, pensando apenas que estava a desenhar, a jogar e a brincar.

Após a sua entrada no 2º e 3º ciclo do ensino básico, continuou a utilizar a máquina de escrever para realizar as suas actividades escolares, no entanto este meio tecnológico era demasiado lento devido ao moroso processo de correcção de erros ortográficos. Por esse motivo, o jovem tentava tirar apontamentos manualmente sempre que possível, visto que conseguia acompanhar o ritmo das aulas mais facilmente. Aliás, para colmatar este problema, relativamente pouco tempo depois de entrar neste grau de ensino passou a utilizar um computador, que se encontrava na sala de apoio desta escola, para fazer alguns testes num processador de texto.

Essa sala de apoio tinha equipamento informático, e dava apoio também a outro deficiente mais profundo que estava inserido noutra turma. Contrariamente ao jovem deste estudo [8], o outro deficiente tinha grandes dificuldades em comunicar com o mundo exterior porque possuía graves limitações físicas (não conseguindo se deslocar autonomamente) e não falava de forma perceptível. Contudo, esse rapaz também era dono de uma força de vontade fenomenal e arranjava maneira de comunicar com todas as pessoas escrevendo as suas ideias na tela do computador.

Pode-se concluir que ambos os rapazes adoptaram os meios tecnológicos, atenuando assim as suas limitações e conseguindo uma plena integração no estabelecimento de ensino. Saliencia-se que, nos anos finais deste grau de escolaridade, eles tiveram apoios para a compra de computadores portáteis. Essa tecnologia, então muito dispendiosa, trouxe-lhes a possibilidade de transpor-

tarem os computadores para as salas de aula, mesmo nos dias em que as aulas se realizavam em salas distintas (se o computador não fosse portátil seria impossível transportá-lo quase de hora e meia em hora e meia, de uma sala de aula para outra).

Assim, o acesso a um computador portátil trouxe ao jovem estudante a possibilidade de deixar de utilizar a máquina de escrever, possibilitando que conseguisse retirar apontamentos das aulas sem afectar o ritmo das mesmas. Além do portátil possibilitar-lhe o uso de programas de processamento de texto, eliminando o problema da correcção de erros ortográficos inerente à utilização da máquina de escrever, também lhe possibilitava usar programas de desenho, jogar e explorar uma grande variedade de outros programas (entre os quais o ambiente de programação Logo, que era a sua paixão desde o tempo em que estudava na escola primária).

O interesse desse aluno pela linguagem de programação Logo, e pela informática em geral, que nasceu nos bancos das escola primária, foi evidenciado quando ele entrou no ensino secundário. Todos os alunos devem escolher a área de estudo que desejam seguir quando entram neste grau de ensino. Este jovem portador de PC decidiu escolher a área de informática com que sonhava desde a infância.

Durante os três anos subsequentes, ele prosseguiu os seus estudos nessa área utilizado quase sempre o portátil como suporte para realizar todas as tarefas escolares pedidas pelos professores. Nesta fase, o estudante começou a pedir os apontamentos dos colegas para estudar, visto que se escrevesse todos os apontamentos iria atrapalhar o ritmo das aulas, uma vez que escrevia mais lentamente que os outros alunos. Ele tinha ainda uma hora semanal de aulas

de apoio com professores de algumas disciplinas, para expor as suas dúvidas ou fazer exercícios que seriam feitos na aula seguinte. Contudo, o aluno não gostava de fazer exercícios que envolvessem símbolos no computador, preferindo fazê-los à mão, visto que se perde algum tempo a inserir símbolos para fórmulas matemáticas num computador (mesmo usando as macros de um processador de texto). Fazer esses exercícios à mão era muito mais prático e rápido. Para além disso, como ele escrevia o símbolo directamente no papel, não tinha de interromper o seu raciocínio ao se preocupar em ir buscar os símbolos aqui e ali.

No início do 12º ano, último ano do ensino secundário em Portugal, o portátil deste aluno foi trocado, visto que o seu 486DX já não suportava as aplicações informáticas mais recentes e era muito lento a executar certas acções.

Após terminar este grau de ensino, o estudante entrou no ensino universitário, frequentando uma licenciatura de informática. Na universidade não encontrou qualquer barreira arquitectónica e ficou agradavelmente surpreendido ao verificar que tinha um lugar reservado no parque da instituição para estacionar o seu carro.

Para adquirir os apontamentos das aulas continuava a pedir aos seus colegas ou aos professores das várias disciplinas, enquanto nas aulas limitava-se a ouvir atentamente as explicações dos professores e a expor as suas dúvidas em relação às partes da matéria que não entendia. Continuava a utilizar o seu computador portátil para realizar os seus trabalhos e para fazer as frequências, ou os exames, das várias disciplinas. Como qualquer outro aluno universitário, teve de apresentar o seu projecto de final de curso publica-

mente, e, para que todos os presentes o entendessem, resolveu recorrer à tecnologia de síntese de voz, utilizando um sistema TTS.

Nesta sub-seccção analisou-se as tecnologias utilizadas por um jovem portador de PC ao longo da sua vida académica, desde a sua entrada no ensino básico até ao termino da sua licenciatura, e foi possível estabelecer-se paralelos com outro caso de estudo presente na literatura. Fala-se mais especificamente dos trabalhos de Valente [67], que desenvolveu um estudo sobre a criação de ambientes de aprendizagem para portadores de deficiências baseados na utilização de computadores, e da forma como as tecnologias construcionistas, nomeadamente o ambiente de programação Logo, incentivaram os jovens de ambos os estudos. Esta ponte, apesar do jovem aqui analisado não ter utilizado tecnologias de acessibilidade no verdadeiro sentido do termo, serve para se reflectir até que ponto as tecnologias construcionistas, e a filosofia educacional a elas associadas, podem ser adaptadas à realidade específica dos portadores de PC.

3.3.2 Adaptação de tecnologias construcionistas à realidade dos portadores de paralisia cerebral

A teoria construcionista proposta por Seymour Papert [53, 54] defende que as crianças encontram-se mais motivadas para a aprendizagem quando podem explorar o mundo e verificar o resultado dessa exploração. Através desta abordagem, criticada por muitos, o aluno é estimulado a não ter medo de errar e a aprender com o resultado dos seus próprios erros, sendo também incentivado a centrar a sua investigação em tópicos do seu interesse. Para

tal, Papert como acérrimo defensor da utilização de meios tecnológicos em ambientes de aprendizagem, contribuiu para a criação da linguagem de programação Logo, em finais dos anos sessenta. O Logo é uma linguagem simples mas poderosa, que permite que o estudante aprenda matemática — assim como outras matérias — ajudando uma tartaruga a explorar “mundos virtuais”. Aliás, como diz o próprio Papert, o Logo é uma espécie de “terra da matemática” (*mathland*) que permite que o estudante explore várias formas de resolver problemas matemáticos de uma forma natural. Assim, tal como uma criança aprende a falar o seu idioma de origem por viver rodeada de pessoas que falam esse idioma, o estudante aprende conceitos matemáticos sem se aperceber porque está envolvido por um ambiente matemático.

Embora esta filosofia de educação defenda que as crianças devem interagir com o mundo, aprendendo através dessa interacção, e os portadores de deficiências apresentem exactamente limitações a esse nível, defende-se que a abordagem utilizada pelos educadores da APPC tem muitas semelhanças com a filosofia construcionista. Por um lado, os educadores desta instituição tentam estimular as capacidades individuais de cada aluno, desenvolvendo trabalhos específicos para cada caso, sem se preocuparem com a rigidez de um currículo pré-estabelecido como acontece no ensino tradicional. Por outro lado, os portadores de PC utilizam os meios informáticos que têm ao seu dispor para explorarem “mundos virtuais” e tentarem adquirir experiências que não podem ter no mundo físico. De qualquer forma, deve-se levar em consideração que a maioria das tecnologias utilizadas pelos educadores da APPC não são construcionistas, no verdadeiro sentido do termo, e que muitos desses educadores nunca tiveram contacto com esta filosofia de educação.

Pode-se, todavia, afirmar que no caso de estudo relatado na secção anterior, assim como no caso de Mike relatado nos trabalhos de doutoramento de Valente [67], as tecnologias construcionistas desempenharam um papel importante no percurso académico do portador de limitações. O ambiente de programação Logo, ou a tartaruga que nele habita, despertou no mínimo a curiosidade destes jovens para aprenderem os conceitos necessários para desenvolverem os seus projectos, despertando-lhes o desejo de estudarem para seguirem uma carreira relacionada com o mundo da informática.

As tecnologias construcionistas evoluíram muito nas últimas décadas e numa grande variedade de formas. As crianças, pelo menos as que frequentam ambientes de aprendizagem construcionistas, estão dotadas de um amplo leque de tecnologias que as ajudam a explorar o mundo e a apreender muitos conceitos. Essa “pesquisa” de conceitos já não é feita apenas recorrendo a aplicações de *software*, como a linguagem Logo, mas também com recurso a pequenos dispositivos de *hardware* como o *LEGO Mindstorms RCX* [60] ou o *Handy Cricket*. Com o surgimento destes produtos comerciais, que oferecem à criança a possibilidade de criar pequenas aplicações robóticas, os ambientes de aprendizagem construcionistas ficaram muito mais ricos.

É um facto que estes dispositivos programáveis são relativamente baratos, levando em consideração a situação económica vivida nos EUA ou na União Europeia, todavia são demasiados caros para serem adquiridos por estabelecimentos de ensino dos países do terceiro mundo, nomeadamente em certos países asiáticos, sul americanos e africanos. Para colmatar este problema, pretendendo tornar esta tecnologia construcionista acessível aos alunos de escolas sem recursos financeiros, Arnan Sipitakiat, investigador do MIT, de-

envolveu um dispositivo não comercial com características semelhantes aos acima referidos (nomeadamente ao *LEGO Mindstorms RCX* [60] e ao *Handy Cricket*). Esta placa, conhecida por *GoGo Board* [63], é um pequeno dispositivo electrónico com capacidade de processamento que permite a ligação de um conjunto de sensores e de actuadores. Salienta-se que qualquer pessoa pode construir a sua própria placa gastando pouco mais de 30 dólares americanos em componentes electrónicos, visto que o seu autor disponibiliza os planos necessários à sua construção num *site*¹ seguindo um espírito de partilha do conhecimento equivalente ao encontrado no conceito de *open-source*.

A *GoGo Board* pode ser utilizada no desenvolvimento de projectos escolares para tentar resolver problemas específicos da comunidade em que a instituição de ensino está inserida. Contudo, as potencialidades desta placa, assim como dos produtos comerciais que ela substitui, vão muito além da criação de ambientes educacionais tecnologicamente mais ricos. Acredita-se que esta tecnologia pode ser explorada para melhorar a qualidade de vida dos portadores de limitações graves. Esta ideia foi explorada durante um projecto de final de curso desenvolvido por dois alunos, Stéphane Norte e Nuno Castilho, da licenciatura em Ensino de Informática, na Universidade do Algarve [50].

Estes alunos, com a ajuda do próprio Arnan Sipitakiat, fizeram uma réplica da *GoGo Board* (ver figura 3.4) para desenvolver um sistema económico que prestasse auxílio a portadores de limitações físicas graves. O principal objectivo deste projecto foi provar que as tecnologias construcionistas, além

¹<http://www.gogoboard.org/cocoon/gogosite/home.xsp?lang=en> (acedido a 24-08-2008)

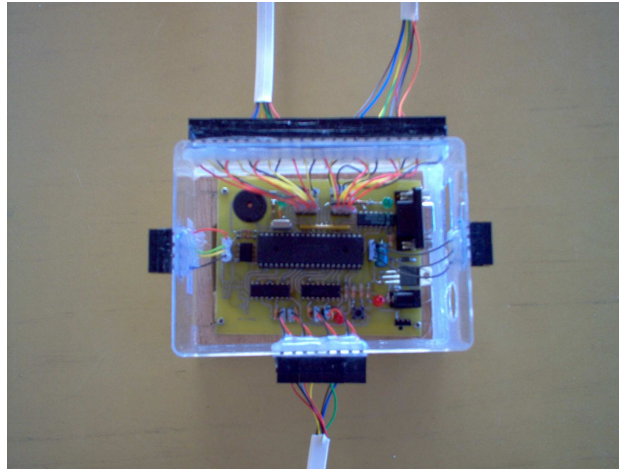


Figura 3.4: Réplica da *GoGo Board* criada pelos estudantes.

de poderem ajudar a melhorar a vida dos portadores de deficiência em ambientes de aprendizagem, podem mesmo contribuir para a integração destes na sociedade.

As potencialidades da *GoGo Board* permitiram que estes estudantes desenvolvessem o protótipo de um sistema integrado de auxílio a portadores de deficiências [51]. Este sistema, que também integra um *software* desenvolvido na linguagem Logo, possibilita que um portador de graves limitações motoras controle com um simples *switch* o ambiente de um quarto e, caso também tenha dificuldades de comunicação, efectue pedidos às pessoas que o auxiliam. Como este projecto foi desenvolvido no âmbito de um projecto de final de curso, sem qualquer tipo de financiamento, o sistema de controlo do ambiente foi exemplificado com recurso a uma pequena maqueta.

A figura 3.5 mostra essa maqueta ligada ao sistema integrado de auxílio a deficientes. Através deste sistema, pressionando um simples botão, um portador de deficiências que esteja acamado pode abrir ou fechar a porta,

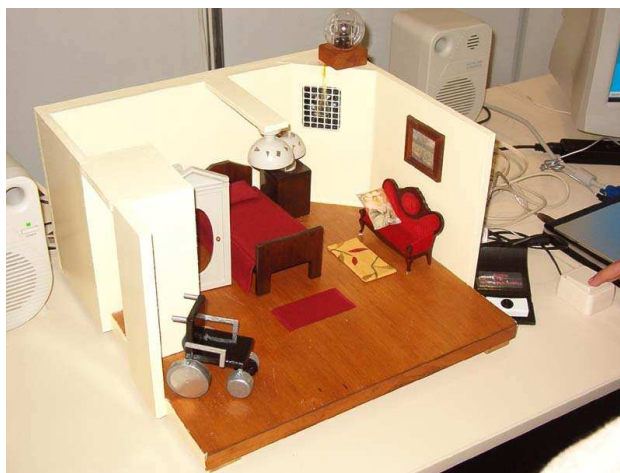


Figura 3.5: Maqueta desenvolvida por Stéphane Norte e Nuno Castilho para mostrar as potencialidade da *GoGo Board*.

ligar ou desligar as luzes, activar ou desactivar o sistema de ar condicionado, ou pedir a um assistente auxílio para desempenhar uma variedade de tarefas. Assim, com este protótipo, os alunos conseguiram evidenciar que as tecnologias construcionistas podem ser utilizadas no desenvolvimento de mecanismos que melhorem o quotidiano dos portadores de deficiências.

Embora este sistema não tenha sido implementado numa escala real, o que seria importante para se ter a noção real dos custos, salienta-se que a adaptação de tecnologias concebidas para outros fins às necessidades específicas das pessoas deficientes pode reduzir o preço dos sistemas de acessibilidade. Nesta secção, e falando das tecnologias construcionistas, notou-se também que em vários aspectos a linguagem de programação Logo influenciou a educação e, conseqüentemente, a qualidade de vida de dois portadores de PC. Salientou-se ainda a semelhança entre o ambiente de aprendizagem vivido no Núcleo Regional de Faro da APPC e a abordagem construcionista proposta por Seymour Papert, evidenciando um ensino centrado nas capaci-

dades de cada aluno.

3.4 Sumário

Ao longo deste capítulo analisou-se quais as tecnologias de acessibilidade mais utilizadas no quotidiano de vários portadores de PC, utentes do Núcleo Regional de Faro da APPC, evidenciando de que forma estas os ajudam a atenuar as suas limitações. Estabelecendo um paralelo com o capítulo 2, e mais especificamente com as tecnologias de acessibilidade aí abordadas, constatou-se que esta instituição privada de solidariedade social está relativamente bem apetrechada ao nível das tecnologias de acessibilidade e encontra-se bem preparada para prestar auxílio aos seus utentes. Contudo, apesar desta variedade de recursos, salientou-se que a adaptação de tecnologias comuns pode contribuir para colmatar problemas específicos de determinados utentes e, também, oferece-lhes a possibilidade de levarem para casa meios de acessibilidade alternativos aos produtos comerciais. Este último aspecto é fundamental para portadores de PC com pouco poder económico, visto que a maioria dos produtos de acessibilidade disponíveis no mercado são muito dispendiosos. Este capítulo também fez a análise das várias tecnologias que um portador de PC utilizou ao longo do seu percurso académico, tendo por base um artigo que retrata a sua vida escolar [8]. A importância que os meios tecnológicos assumiram neste caso concreto pode ser generalizada a outros casos, evidenciando que até as tecnologias mais comuns desempenham um papel fundamental para facilitar a comunicação dos deficientes com o mundo exterior e, conseqüentemente, para facilitar a integração destes no sistema

educativo. Relativamente a este ponto ainda foi feito um paralelo com o caso de Mike, referenciado nos trabalhos de Valente [67], relativamente à influência que as tecnologias construcionistas desempenharam na vida destes jovens. O ambiente de programação Logo despertou, no mínimo, a curiosidade deles no sentido de aprenderem os conceitos académicos necessários para desenvolverem os seus projectos, despertando-lhes ainda o desejo de seguirem uma carreira relacionada com o mundo da informática.

Outro aspecto que foi explorado neste capítulo prende-se com a adaptação de tecnologias construcionistas, incluindo o ambiente de programação Logo, à realidade dos portadores de PC. Por um lado, para além da filosofia de ensino praticada na APPC ter vários aspectos em comum com a abordagem construcionista, os casos relatados no parágrafo anterior revelam que a linguagem Logo pode incentivar os alunos portadores de deficiência, e não só, a explorarem novos conceitos. Por outro lado, várias tecnologias construcionistas que são utilizadas para enriquecerem os ambientes de aprendizagem podem ser reutilizadas para prestarem auxílio a deficientes, como o projecto da *GoGo Board* mostrou.

Após uma análise mais atenta a este capítulo, pode-se afirmar que todas as tecnologias utilizadas pelos portadores de PC, e deficientes em geral, visam atenuar as suas dificuldades de interacção e comunicação com as pessoas que os rodeiam. As tecnologias que permitem o acesso das pessoas com limitações (motoras e ao nível da fala) a meios informáticos, ou mesmo as que facilitam a sua deslocação, são no fundo a chave para que estas possam comunicar com os outros.

Neste contexto, uma grande lacuna detectada nestas tecnologias, prin-

principalmente as que se destinam a colmatar as limitações ao nível da fala, é apenas poderem ser utilizadas para comunicar com quem está fisicamente presente. Apesar de se viver num mundo global, cheio de meios de comunicação, falar ao telefone com quem está distante torna-se uma tarefa praticamente impossível para a maioria dos portadores de deficiências na fala. Esta limitação constatada ao longo deste projecto, e que se constata na minha própria dificuldade em falar ao telefone com quem não está habituado à minha voz, levou ao estudo e ao desenvolvimento de um sistema TTS, descrito detalhadamente no próximo capítulo, que pode ser utilizado por portadores de limitações motoras e permite a realização de chamadas telefónicas através da tecnologia VoIP.

Capítulo 4

Easy Voice

4.1 Introdução

Desde sempre que um dos grandes problemas que afecta a maioria dos portadores de deficiências, inclusive as pessoas que possuem PC, é a dificuldade de interacção e comunicação. O progresso das tecnologias de acessibilidade tem atenuado este problema e ajudado a melhorar a capacidade destas pessoas comunicarem e interagirem com as restantes. Porém, o próprio conceito de interacção social tem mudado nas últimas décadas, graças ao avanço de outras áreas tecnológicas, e os seres humanos cada vez utilizam mais a comunicação à distância para interagirem uns com os outros. Para muitos portadores de deficiências, principalmente os que têm limitações na fala, este tipo de comunicação oferece dificuldades adicionais que apenas são solucionadas com recurso a mensagens de correio electrónico, mensagens SMS, mensagens MMS (*Multimedia Messaging Service*), serviços de *chat*, e a outras tecnologias amplamente utilizadas pela generalidade das pessoas. Es-

tas tecnologias, além da sua eficiência e universalidade, são instrumentos de enorme importância na comunicação de pessoas com deficiências na fala, possibilitando-lhes muito mais que a simples comunicação por texto escrito (e.g. linguagem pictográfica). Todavia, muitas vezes estas tecnologias não são uma solução viável quando estas pessoas desejam comunicar com alguém que está distante. Por exemplo, caso um portador de deficiências na fala deseje comunicar com uma pessoa que apenas dispõe de um telefone convencional, sem capacidade de receber SMS, e que não possua nenhum tipo de dispositivo informático. É um facto que os serviços de intermediação telefónica podem ser a solução para este caso, uma vez que permitem a comunicação destas pessoas com a ajuda de um operador. Mas estes serviços também apresentam a desvantagem dos interlocutores estarem sempre dependentes de terceiros. Salienta-se que, além de existir sempre a possibilidade de erro do operador, os intervenientes na conversação podem-se sentir constrangidos com a presença duma terceira pessoa na mesma. Embora estes serviços garantam a confidencialidade das comunicações dos seus utentes, como é evidente, as pessoas sentem sempre que estão a expor a sua privacidade a desconhecidos. Este problema pode ser resolvido recorrendo à utilização de vozes sintetizadas e, mais especificamente, ao uso de sistemas TTS.

Contudo, tendo em consideração a minha experiência pessoal e as limitações ao nível da fala que muitos utentes da APPC apresentam, conclui-se que os sistemas TTS convencionais, mesmo apresentando várias características de acessibilidade, continuam a limitar a conversação a um espaço físico. Por outras palavras, o portador de deficiências na fala continua a ter dificuldade para comunicar com quem lhe está distante usando sistemas de

síntese de voz.

É certo, e muita gente poderá pensar, que o utilizador poderia simplesmente utilizar uma aplicação TTS e colocar o microfone (do aparelho telefónico ou do próprio computador) junto da saída de som do dispositivo informático, mas esta solução simplista não iria resultar. Em primeiro lugar, e sem falar das dificuldades que uma pessoa com limitações motoras teria para efectuar tal procedimento, este método iria gerar muitos efeitos de eco e, conseqüentemente, degradar a qualidade da chamada telefónica. Depois, no caso da pessoa estar a utilizar um telefone convencional, seria muito complicado estar à escuta enquanto transmitia a mensagem gerada pelo sistema TTS.

Durante os trabalhos desta investigação, com o objectivo de colmatar esta falha, começou-se a desenvolver um sistema, conhecido por *EasyVoice*¹, que agrega várias tecnologias já existentes para facilitar a realização de chamadas telefónicas usando uma voz sintetizada [9, 10, 11]. Embora a implementação deste sistema seja um marco importante dos trabalhos descritos nesta dissertação, até porque possibilitou que o sistema fosse testado na prática, salienta-se também a importância do conceito que está por trás dele. A ideia de conjugar tecnologias de síntese de voz, métodos de interacção com o computador para portadores de limitações motoras, e sistemas VoIP, veio abrir um novo leque de oportunidades de comunicação a muitos portadores de deficiências e não só.

A título de curiosidade, e saindo um pouco da temática das tecnologias de acessibilidade, pode-se dizer que uma pessoa sem deficiências que esteja

¹Disponível gratuitamente no endereço <http://w3.ualg.pt/~pcondado/easyvoice/>

num ambiente em que não pode falar (e.g. reunião) pode recorrer ao sistema *EasyVoice*, utilizando uns *headphones* ligados à saída de som do portátil, para comunicar com outras pessoas sem incomodar as que estão presentes nesse espaço físico. Este exemplo é importante para reforçar a ideia que as tecnologias podem ser sempre utilizadas para aplicações diferentes daquelas para que foram originalmente projectadas. Contudo, a essência por trás do *EasyVoice* é facilitar a comunicação à distância de portadores de deficiências na fala, possuam ou não limitações motoras, com outras pessoas.

Este capítulo aborda o conceito por trás do desenvolvimento do sistema *EasyVoice*, salientando que pode-se ver esta ideia como um projecto de engenharia que uniu várias peças soltas para criar uma nova engrenagem. Por outras palavras, fazendo mais uma vez o paralelo com a teoria construcionista de Papert, pode-se entender as várias tecnologias utilizadas na concepção do *EasyVoice* como partes de um Lego, cada uma já com uma função definida, que foram juntas para construir algo diferente, ou seja, uma nova tecnologia com outra funcionalidade.

A secção 4.2 também aborda como a junção de tecnologias tem trazido progressos tecnológicos significativos ao mundo, dando o exemplo da criação de um dos maiores marcos da história das ciências da computação que todos conhecemos por *World Wide Web*. Salienta-se, contudo, que de maneira nenhuma se pretende comparar a criação da *World Wide Web* com o desenvolvimento do conceito do *EasyVoice*, apenas se quer mostrar as potencialidades de ideias que são desenvolvidas com base na combinação de várias peças já existentes.

Após se inteirar do conceito por trás do *EasyVoice*, o leitor pode ver

o processo de desenvolvimento desta aplicação, nomeadamente os aspectos considerados durante a implementação deste sistema e o desenho do *interface* do mesmo. Salienta-se que todo o processo de desenvolvimento deste sistema está intimamente relacionado com o capítulo 5, visto que optou-se por usar uma estratégia de desenvolvimento de *software* baseada nas necessidades, desejos, e limitações dos seus utilizadores finais. Esta filosofia de concepção de *interfaces*, também conhecida por *user-centered design*, que já foi referida no capítulo 2 quando abordou-se o desenvolvimento do *VoiceDraw* [28], ajuda a detectar e a corrigir os principais problemas de usabilidade do produto em cada etapa do processo de desenvolvimento.

4.2 O conceito

Em linhas gerais, a ideia de criar um sistema que permitisse às pessoas com problemas na fala, portadoras de limitações físicas ou não, efectuarem chamadas telefónicas usando uma voz sintetizada surgiu em meados de 2005. Nesta época, tendo em linha de conta as minhas próprias dificuldades de comunicação e as limitações de outros portadores de PC, nasceu um primeiro esboço de um sistema que conjuga várias tecnologias já existentes para concretizar esse objectivo, nomeadamente sistemas de síntese de voz, alguns métodos de interacção com o computador desenhados para prestar auxílio a pessoas com limitações motoras, e sistemas VoIP.

Sabendo-se que a tecnologia VoIP permite a transmissão de voz humana através da Internet ou de uma rede de dados privada baseada no protocolo de Internet, sabe-se também que, à partida, uma voz sintetizada pode ser injec-

tada nesse canal de comunicação. Levando-se também em consideração que os serviços VoIP têm se tornado muito populares nos últimos anos, tendo ganhado um nicho comercial a partir de meados dos anos 90 [68], sabe-se que uma parte significativa dos utilizadores da Internet os usa para estabelecer comunicação com as pessoas que lhes estão distantes. Actualmente, a utilização de aplicações VoIP, tais como *Skype*, *12VoIP*, *VoipRaider* ou *VoIP-Buster*, permite que as pessoas efectuem chamadas a uma fracção do preço cobrado pelas companhias telefónicas tradicionais.

A primeira idealização deste sistema para portadores de problemas na fala, ainda que muito simplista, serviu de base para o desenvolvimento daquilo a que actualmente se chama sistema *EasyVoice* [9, 10, 11]. Este sistema pode ser definido como um *interface* entre o utilizador e várias tecnologias distintas, permitindo que este possa estabelecer uma comunicação telefónica com outra pessoa usando uma voz sintetizada. Por outras palavras, considerando que um portador de deficiências na fala e limitações motoras deseja comunicar com a sua avó, este sistema possibilita que, depois da ligação telefónica estar estabelecida, ele possa escrever em mensagens de texto o conteúdo que deseja transmitir, usando ou não os vários métodos de auxílio de escrita que tem ao seu dispor, e que esse texto seja convertido numa voz sintetizada que é injectada na conversação telefónica. Assim, o portador de limitações ouve o que a avó lhe diz pelos *headphones* (ou outro sistema de saída de áudio) e esta, por sua vez, ouve através do auscultador do telefone uma voz sintetizada que lhe transmite o que o neto escreveu.

Basicamente, considerando que uma ligação telefónica já está estabelecida, pode-se esquematizar a forma como o *EasyVoice* funciona do seguinte

modo:

1. O utilizador insere o texto desejado no *interface* e ordena o envio da mensagem.
2. O sistema normaliza o texto, substituindo todas as abreviaturas presentes pelas respectivas palavras (ou frases), e envia o resultado dessa normalização para o sistema de síntese de voz.
3. A mensagem de texto é convertida em discurso sintetizado e, por sua vez, este é guardado num ficheiro de áudio temporário.
4. Por último, o *EasyVoice* injecta o discurso que está nesse ficheiro nas ligações activas presentes na aplicação VoIP (fala-se de ligações no plural porque a pessoa pode desejar fazer chamadas em conferência).

A ideia de juntar sistemas de síntese de voz e tecnologia VoIP com vários métodos que facilitam a interacção dos portadores de limitações motoras com o sistema, permitindo que um amplo leque de portadores de problemas na fala possa realizar chamadas telefónicas usando uma voz sintetizada, pode ser comparada a um projecto de engenharia que segue um pouco a abordagem construcionista de Papert.

4.2.1 Juntar tecnologias como a criança junta conceitos

A construção de novas tecnologias é, muitas vezes, baseada em conhecimentos já existentes. Por outras palavras, dando ênfase a uma frase muito utilizada

na comunidade académica, cada vez que o Homem inventa um meio de transporte terrestre não deve perder tempo a reinventar a roda. Aliás, esta ideia das tecnologias se basearem em conhecimentos anteriores é notória quando se analisa qualquer artigo de carácter científico. Os investigadores baseiam-se, portanto, nos conhecimentos que a comunidade científica em que se inserem lhes proporciona para desenvolverem novos conceitos, desenvolvendo assim os conhecimentos da própria área científica em que estão inseridos.

Assim, é possível estabelecer um paralelo entre o método que os investigadores de todo o mundo utilizam para fazer ciência e a abordagem educacional defendida por Papert [53, 54]. Realça-se mais uma vez a teoria construcionista, que tem sido referida ao longo de toda esta dissertação, porque tal como uma criança utiliza os meios que o ambiente lhe propicia para construir o seu próprio conhecimento (recorde-se do exemplo da aprendizagem do idioma de seus progenitores), um investigador utiliza o conhecimento do estado da arte no seu campo de estudo para o evoluir. Por outras palavras, de certa forma, pode-se constatar que a teoria construcionista defende que as crianças sejam educadas com recurso à investigação.

O desenvolvimento do sistema *EasyVoice* pode ser visto como um projecto de construção de conhecimento que, unindo a área das acessibilidades com a área das telecomunicações, junta diversas tecnologias como se fossem peças de Lego para atingir o objectivo de facilitar a realização de chamadas telefónicas aos portadores de problemas na fala. Porém, como já foi salientado, na história das ciências da computação muitos projectos de relevo nasceram da conjugação de tecnologias já existentes. Um exemplo deste facto retira-se da história da criação da *World Wide Web*, por Tim Berners-Lee, que nasceu da

combinação dos protocolos TCP/IP com o conceito de hipertexto. Segundo o próprio Berners-Lee, o que ele fez foi juntar estas duas tecnologias para criar este novo conceito [2].

É curioso pensar que uma das ferramentas de trabalho, e de lazer, mais utilizadas actualmente no mundo inteiro, tendo sido o grande factor impulsor da própria Internet, nasceu da união de dois conceitos que até então eram distintos e independentes. Os protocolos TCP/IP, que servem de base ao funcionamento da *Web*, já existiam nos anos 70 [38], possibilitando a existência de uma infra-estrutura de comunicações para ligar os computadores de todo o mundo entre si. Por sua vez, o hipertexto, tal como o conhecemos, foi um conceito desenvolvido nos anos 60 [44] e que permite que um texto possa ser lido sem que o leitor tenha a necessidade de seguir uma determinada ordem. Neste caso pode seleccionar os *links*, palavras ou frases chave, para aceder directamente ao conteúdo que mais lhe interessa num determinado texto. Unindo estes dois conceitos, Tim Berners-Lee, tornou a Internet mais simples e prática de utilizar para a grande maioria das pessoas, visto que os utilizadores “navegam” na informação das páginas *Web*, e entre páginas que estão em localizações distintas, como se estivessem a ler um simples e único livro de hipertexto.

Salienta-se que o conceito por trás do sistema *EasyVoice* não pode ser comparado com a criação de um instrumento tão importante como é a *World Wide Web*, que representa um marco histórico nas ciências da computação, mas apenas se utiliza este exemplo para salientar que muitas ideias inovadoras podem surgir da simples combinação de conceitos já existentes. O *EasyVoice* serve-se de tecnologias já há muitos testadas e utilizadas em diversos fins, tal

como a *World Wide Web* se serve dos protocolos TCP/IP e do conceito de hipertexto, tornado possível que os portadores de deficiências ou disfunções na fala realizem chamadas telefônicas através de um serviço VoIP usando uma voz sintetizada.

Seguidamente, aborda-se com mais detalhe o desenvolvimento e a implementação prática do *EasyVoice*, salientando-se algumas opções que foram tomadas para tornar o sistema mais simples e fácil de utilizar. Aliás, salienta-se que todo o desenvolvimento deste conceito tem se centrado nas necessidades, desejos, e limitações do seu público alvo. Assim, o desenvolvimento desta aplicação baseia-se num modelo iterativo (*iterative design*), ou seja, existe um ciclo de desenvolvimento que tem por base o processo de implementação da aplicação, a realização de testes de usabilidade, a análise de resultados dos testes e o refinamento da aplicação. Cada iteração, pelo menos no desenvolvimento de aplicações de *software*, origina uma nova versão do produto.

4.3 O processo de desenvolvimento

A implementação prática deste conceito começou em meados de 2005. Sensivelmente uma semana depois da ideia surgir já existia um protótipo rudimentar, mostrando a viabilidade do mesmo e que era possível conjugar as diferentes tecnologias para criar o sistema *EasyVoice*. Porém, como é do conhecimento geral de todas as pessoas que desenham e desenvolvem produtos, esse foi apenas o início de uma longa fase de desenvolvimento e implementação da aplicação. Uma aplicação de *software*, à semelhança de qualquer outro objecto que os seres humanos utilizam no seu quotidiano, não

deve apenas funcionar, devendo ser também funcional. Por outras palavras, a aplicação deve ser simples e fácil de utilizar, cumprindo os seus objectivos sem que seja necessário aos seus utilizadores tirarem um “curso” para conseguirem usá-la. Infelizmente, muitas vezes quem desenha os objectos, incluindo aplicações de *software*, não centra a sua atenção nas necessidades, no desejos e nas limitações dos utilizadores. Este facto torna muitos objectos praticamente inúteis devido à dificuldade de utilização que está inerente ao modo como foram concebidos. Norman, no seu livro “*The Design of Everyday Things*” [49], dá exemplos de objectos do dia-a-dia e apresenta erros de concepção que poderiam ser facilmente detectados e solucionados antes dos produtos estarem disponíveis no mercado.

Durante o processo de desenvolvimento do *EasyVoice* tentou-se detectar e eliminar todos os erros de concepção do *interface* que dificultassem a sua utilização, recorrendo a testes de usabilidade e a um modelo iterativo de implementação. A questão da usabilidade é preponderante no desenvolvimento de qualquer tipo de *software*, tornando a interacção da pessoa com a máquina mais fácil e intuitiva, e distingue a sua qualidade. Um bom *interface* é definido pela sua simplicidade e facilidade de utilização. Nos sistemas que promovem a acessibilidade, como é o caso do *EasyVoice*, a questão da usabilidade torna-se ainda mais importante devido às dificuldades de interacção com o mundo apresentadas pelo público alvo.

O desenvolvimento deste sistema, desde o seu primeiro protótipo até à versão final, levou sempre em consideração que as partes mais relevantes da aplicação devem estar sempre visíveis (e.g. menus, botões, caixas de texto), que este deve ser intuitivo e evitar ao máximo que os utilizadores

sintam a necessidade de recorrer ao manual de instruções, que o seu desenho deve evitar ambiguidades para que possa ser utilizado sem necessidade de aprendizagem ou memorização, que a estrutura das tarefas que desempenha deve ser simplificada ao máximo, que todas as acções que o utilizador executa devem ter um efeito visual imediato, que os utilizadores podem cometer erros e a aplicação deve estar preparada para anular esses erros de forma fácil, e que o desenho do *interface* deve seguir os principais *standards*.

O sistema *EasyVoice* foi concebido, portanto, para ser fácil e simples de utilizar, tornando possível que pessoas com problemas na fala possam manter conversações telefónicas recorrendo à utilização de uma voz sintetizada. Este sistema ainda está preparado para ser utilizado por portadores de limitações motoras, visto que grande parte dos portadores de PC que têm problemas de comunicação também apresentam dificuldades ao nível da coordenação motora. De qualquer maneira, todas as características presentes no *EasyVoice* foram pensadas e repensadas ao longo de todo o processo de desenvolvimento e implementação. A melhor forma de explicar ao leitor de que forma este sistema foi desenvolvido é relatar-lhe as três questões básicas que surgiram quando o sistema começou a ser implementado:

- Que sistema de síntese de voz utilizar?
- Como integrar os serviços VoIP?
- Que características de acessibilidade incluir?

Respondendo à primeira questão, existe um amplo leque de sistemas de síntese de voz no mercado que podem ser utilizados no desenvolvimento de

aplicações baseadas na utilização de voz sintetizada. Entre esse vasto leque, o sistema MBROLA [20] foi o sintetizador de voz que serviu de base ao protótipo do *EasyVoice*. Salienta-se que as versões subsequentes, não disponíveis no *site* oficial do programa, continuaram a utilizar este sistema de síntese de voz [9] e que também existiu uma versão que utilizou o sistema FreeTTS².

À partida seria bom basear o sistema *EasyVoice* num sintetizador de voz específico. Contudo, a maioria dos portadores de deficiências que utilizam sistemas de síntese de voz para colmatar as suas limitações já estão habituados às vozes dos sistemas que utilizam regularmente. Quando estas pessoas adoptam um sistema de síntese de voz (e a correspondente voz), entre as várias opções existentes no mercado, passam a utilizar essa voz como se fosse uma característica pessoal que as identifica perante os outros, tal como a voz natural identifica a maioria dos seres humanos. Pensando neste problema de índole prática, e visando uma maior aceitação do sistema entre os utilizadores, desenvolveu-se o *EasyVoice* recorrendo à SAPI da *Microsoft* para permitir que o utilizador use qualquer sintetizador de voz que seja compatível com esta API. Desta forma o utilizador pode escolher a voz que mais lhe agrada ou aquela a que já está habituado, sem ser forçado a utilizar uma que seja predefinida pelo sistema [10, 11].

Outra questão que é fundamental ser respondida, prende-se com a forma como é realizada a integração dos serviços VoIP com os restantes componentes do sistema *EasyVoice*. Em linhas gerais, o primeiro protótipo deste sistema integrava-se com todas as aplicações que permitissem a realização de

²<http://freetts.sourceforge.net/> (acedido a 11-09-2008)

chamadas VoIP através da utilização de um *driver* externo conhecido por *Virtual Audio Cable* (VAC) [9]. Embora a utilização do VAC tenha mostrado as potencialidades do conceito, apresentava duas grandes desvantagem. A primeira prende-se com o facto deste *software* não ser livre e nunca poder ser distribuído juntamente com o *EasyVoice*, tornando à partida inviável a distribuição gratuita do sistema. A outra grande desvantagem, tão importante quanto a primeira, é que a utilização desta aplicação externa requeria que o utilizador efectuasse um conjunto de configurações muito complicadas, algo que seria impraticável para um portador de graves limitações motoras para não falar que também seria um mau princípio de desenho de *interfaces* [49].

A melhor forma de resolver esta questão, permitindo uma plena integração de todas as componentes do sistema *EasyVoice* com um serviço VoIP, foi centrar o desenvolvimento deste sistema para interagir apenas com uma aplicação VoIP. Sabendo-se que uma das aplicações VoIP mais populares na actualidade é o *Skype*³, funcionando mesmo por trás de *firewalls* e de *Network Address Translations* [27], a escolha foi quase automática.

Actualmente, o *EasyVoice* transforma o texto escrito em discurso, enviando-o para o destinatário através do *Skype*. Esta implementação, que permite injectar o som gerado pelo sistema de síntese de voz directamente nas chamadas activas, recorre a uma API disponibilizada pela empresa proprietária desta aplicação VoIP⁴ [10, 11]. Convém frisar que a forma como o sistema *EasyVoice* funciona, incluindo quando e de que maneira é feita a verbalização, será abordada com mais detalhe ainda neste capítulo.

³<http://www.skype.com>

⁴Disponível através do endereço <https://developer.skype.com/> (acedido a 11-09-2008)

Respondendo à última questão, ligada às características de acessibilidade, pode-se afirmar que desde as suas primeiras versões que o *EasyVoice* dispõe de um conjunto de métodos para permitir que portadores de limitações motoras o possam utilizar e que visam acelerar todo o processo de escrita da mensagem, nomeadamente um sistema de *word completion*, um sistema de abreviação de palavras e frases, um sistema de arquivamento das últimas mensagens enviadas, e um teclado virtual com um sistema de varrimentos por grupos que pode ser opcionalmente activado. A forma como estas características de acessibilidade, explicadas no capítulo 2 desta dissertação, se integram neste sistema será abordada após apresentar-se o *interface* desta aplicação.

4.3.1 O *interface*

A figura 4.1 mostra o aspecto do *interface* do sistema *EasyVoice* quando todas as características de acessibilidade estão activas. Na parte superior direita o utilizador pode aceder a duas listas. A primeira lista usa um algoritmo simples para sugerir-lhe possíveis palavras para completar o que está a escrever, e a segunda lista guarda as frases que o utilizador já enviou para permitir que este as repita com um simples clique. Na parte inferior encontra-se um teclado virtual que pode funcionar com um sistema de selecção por varrimentos.

Salienta-se o facto que o *interface* desta aplicação se adapta às necessidades específicas de cada utilizador, tornando-se cada vez mais simples à medida que as características de acessibilidade são desactivadas. Assim, a

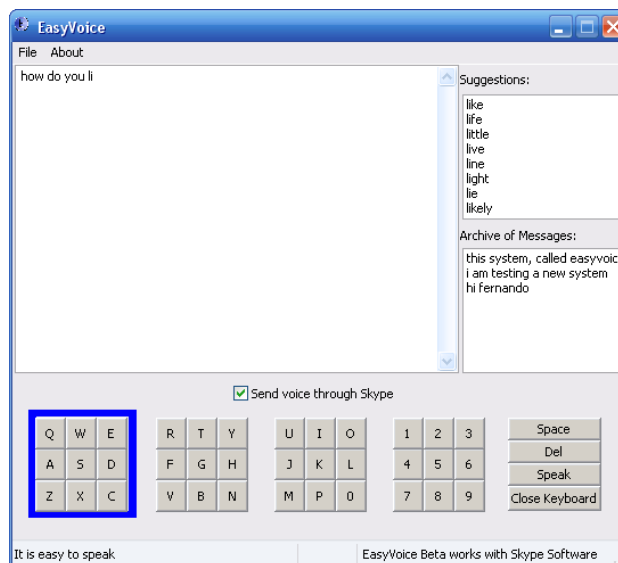


Figura 4.1: Imagem de ecrã do sistema *EasyVoice* com todas as características de acessibilidade activas.

aplicação segue o princípio de apenas mostrar ao utilizador as funcionalidades que este pretende utilizar, eliminando todas as outras que quando não são utilizadas se tornam desnecessárias e fonte de distração. Se um utilizador sem limitações motoras desejar utilizar o *EasyVoice* com todos os métodos de auxílio de escrita desactivados, o *interface* da aplicação apresentará apenas os elementos essenciais a esse tipo de utilização (ver figura 4.2).

Cada utilizador pode adaptar o *layout* da aplicação às suas necessidades específicas usando um painel de configuração para definir que funcionalidades deseja utilizar, nomeadamente através da possibilidade de activar ou desactivar cada uma das características de acessibilidade. Dentro deste painel de configuração, o utilizador tem ainda a possibilidade de definir as propriedades do sistema de varrimentos (a velocidade, a cor e o número de ciclos de repetição), se o processo de varrimento deve ser acompanhado de um sinal

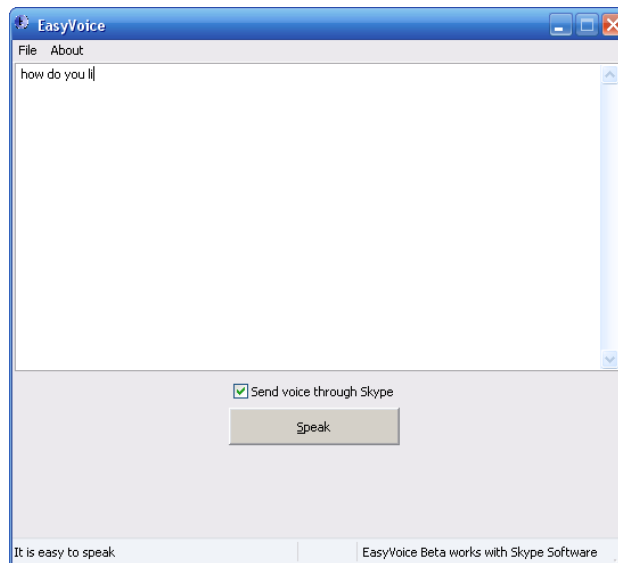


Figura 4.2: Imagem de ecrã do sistema *EasyVoice* sem nenhuma característica de acessibilidade activa.

sonoro, e o tipo de *layout* do teclado virtual. Como o leitor poderá analisar mais à frente, quando as características de acessibilidade desta aplicação forem abordadas com mais detalhe, o sistema *EasyVoice* permite que o utilizador possa optar entre três configurações distintas de disposição das letras no teclado virtual.

Durante o desenvolvimento deste *interface*, com o *feedback* que foi obtido dos testes de usabilidade realizados, constatou-se que cada utilizador tende a usar sempre as mesmas definições no sistema. Assim, à partida, uma pessoa não deve ser obrigada a definir as propriedades de configuração do sistema sempre que o inicia. Pensando nesta situação, o *EasyVoice* foi concebido de forma a salvar cada alteração que a pessoa efectue no painel de configuração e, conseqüentemente, a repor as últimas definições de cada vez que é iniciado. Dando um exemplo mais concreto, se uma pessoa utilizou o teclado com o sis-

tema de varrimentos, entre outras definições que havia definido, da próxima vez que usar a aplicação vai encontrá-la exactamente com a mesma configuração. Esta funcionalidade, muito semelhante aos sistemas de preferências encontrados nos *browsers* da *web*, é muito útil e torna o sistema mais fácil de utilizar. Desta forma, as pessoas deixam de ter a preocupação de activar ou desactivar funcionalidades sempre que a aplicação é iniciada, possibilitando que o sistema esteja sempre pronto para ser utilizado pela pessoa e evitando perdas de tempo desnecessárias.

Seguidamente, após conhecer o desenho do *interface* do sistema *EasyVoice*, o leitor poderá conhecer mais detalhadamente as características de acessibilidade incluídas nesta aplicação.

4.3.2 Características de acessibilidade

Esta aplicação tem por objectivo possibilitar que pessoas com problemas na fala realizem chamadas telefónicas, tornando-se ela própria uma tecnologia de acessibilidade para esses indivíduos. Por este motivo, sabendo-se que existem pessoas com limitações na fala que também são portadoras de deficiências motoras (como acontece com alguns portadores de PC), o *EasyVoice* inclui alguns métodos opcionais que facilitam a interacção dessas pessoas com o sistema. Estas características que tornam o sistema acessível a um maior número de pessoas são:

- um sistema de *word completion*.
- um sistema de abreviação de palavras e frases.
- um sistema de arquivo de mensagens enviadas.

- um teclado virtual com múltiplos *layouts*
- um sistema de varrimentos por grupos.

A maioria destes métodos de acessibilidades já foram abordados na revisão do estado da arte, efectuada no capítulo 2 desta dissertação, mas agora serão explicados dentro do contexto desta aplicação. Refere-se ainda que os três primeiros métodos da lista podem ser úteis até para pessoas que não possuam limitações motoras, visto que o seu objectivo é acelerar o processo de escrita.

O sistema de *word completion* implementado nesta aplicação procura num dicionário interno, no qual as palavras estão organizadas pela ordem de frequência que são utilizadas em determinado idioma (inglês no caso da versão aqui apresentada e português na versão usada na realização dos testes de usabilidade), por todas as palavras que começam pelo prefixo que o utilizador está a escrever. Desta forma o sistema oferece ao utilizador uma lista com as 8 palavras mais frequentes que começam por aquele prefixo, possibilitando que este seleccione directamente a palavra pretendida caso se encontre na lista. Salienta-se que a opção de mostrar ao utilizador apenas as 8 palavras mais frequentes é para evitar distrações que uma lista de grandes dimensões poderia causar, originando perdas de tempo iriam contra o objectivo de acelerar o processo de escrita. Por outro lado, se a lista de sugestões fosse muito grande, as pessoas que recorrem ao sistema de varrimentos teriam de esperar muito para conseguirem seleccionar uma palavra que estivesse no final da mesma. A vantagem do sistema de *word completion* é aumentar a velocidade de escrita e, falando especificamente do *EasyVoice*, diminuir os

tempos de pausa na conversação.

Os sistemas de *word completion* são especialmente úteis neste tipo de aplicações de *software*, e de um ponto de vista mais abrangente nos dispositivos de comunicação que possibilitam troca de mensagens de texto (como os telemóveis), sendo já populares nos sistemas TTS tradicionais [12, 42]. O método de abreviação de palavras e frases também é utilizado há muito tempo para aumentar a velocidade de escrita.

O sistema de abreviaturas, implementado no *EasyVoice*, permite que o utilizador insira as abreviaturas com as palavras (ou frases) correspondentes na aplicação, armazenando-as para utilização futura. Quando uma mensagem é enviada um algoritmo simples verifica o texto, analisa se contém abreviaturas que estejam definidas na lista de abreviaturas, substituindo todas pelas palavras ou frases correspondentes.

Além dos sistemas de aceleração de escrita já abordados, que são úteis em qualquer aplicação que se baseie na inserção de texto, desenvolveu-se uma estratégia para resolver um problema prático que ocorre nas conversações telefónicas. Muitas vezes, devido a diversos factores, algo que é dito de um lado da linha telefónica não é totalmente entendido do outro, existindo a necessidade da mensagem ser repetida. Pensando que este fenómeno acontece com alguma regularidade, e para evitar que os utilizadores do *EasyVoice* tenham de reescrever a mensagem novamente, inseriu-se um sistema de arquivo de mensagens. Este sistema guarda basicamente todas as mensagens enviadas pelo utilizador durante a conversação e apresenta-as numa lista, permitindo que ele possa seleccionar a mensagem que deseja reenviar.

Estes três sistemas apresentados são essenciais para acelerar o processo de escrita de mensagens, sendo que os dois primeiros também são muito utilizados em tecnologias de acessibilidade. Muitos teclados virtuais utilizam esses sistemas como funcionalidades adicionais para facilitar o processo de escrita e aumentar a rapidez do mesmo. Para aumentar a sua acessibilidade, o *EasyVoice* dispõe de um teclado virtual que pode ser utilizado por qualquer pessoa que consiga usar um dispositivo apontador (e.g. rato) e possibilita que esta aplicação possa ser utilizada nos famosos quiosques de Internet, através de ecrãs de toque. A possibilidade de utilizar este tipo de aplicações em máquinas públicas poderá tornar a comunicação dos portadores de problemas na fala muito mais fácil e acessível. Contudo, um utilizador que tenha problemas de coordenação motora, ou que apenas consiga interagir com o computador através de um *switch*, pode activar o sistema de varrimentos que é uma característica opcional deste teclado.

Durante o processo de desenvolvimento do *EasyVoice*, mais especificamente numa das últimas iterações deste processo, decidiu-se tornar o *interface* da aplicação mais flexível, permitindo que o utilizador tenha a oportunidade de escolher entres três configurações distintas para a localização das letras no teclado virtual. A figura 4.3 mostra os três tipos de configuração que o utilizador pode escolher, nomeadamente entre um estilo que segue o famoso modelo QWERTY, uma ordenação por ordem alfabética e uma ordenação por ordem de frequência de ocorrência letras.

Independentemente da configuração escolhida, este teclado é sempre formado por cinco grupos de teclas que contém letras, números e outras funcionalidades (e.g. inserir espaço, apagar, sintetizar mensagem, fechar teclado).

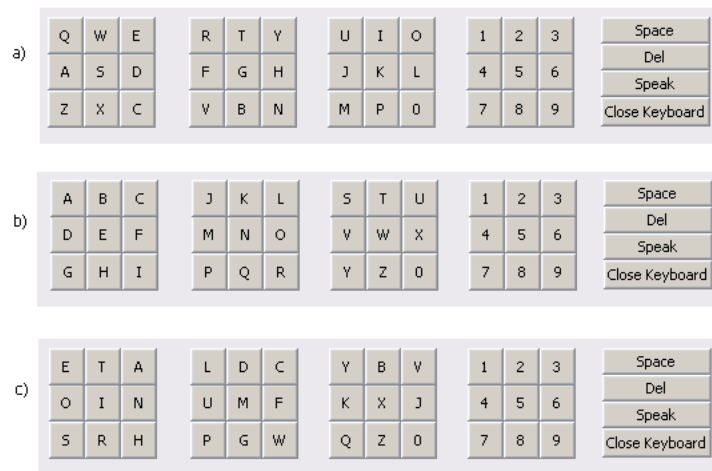


Figura 4.3: Os três tipos de configuração possíveis para o teclado virtual do *EasyVoice*.

Aliás, as teclas que contêm os números e as funcionalidades mantêm sempre a mesma localização qualquer que seja a escolha de teclado feita pelo utilizador. Durante uma conversação telefónica os números são utilizados com menos frequência que as letras e faz sentido colocá-los depois das letras. Este facto, aparentemente insignificante, traz muitas vantagens às pessoas que interajam com a aplicação através do sistema de varrimentos por grupos, visto que apenas têm necessidade de deixar o sistema chegar à parte numérica se realmente precisarem de usar números. Assim, o sistema possibilita apenas a configuração das teclas que contêm as letras, permitindo que o utilizador altere a ordem das mesmas de três formas distintas

A figura 4.3 a) mostra uma configuração de letras muito semelhante à utilizado nos teclados que seguem a norma QWERTY, apresentando apenas a pequena diferença da letra P não estar na posição seguinte à letra O. Esta ligeira alteração possibilitou que o grupo de teclas numéricas não necessitasse ser alterado. Salienta-se que a tradicional configuração QWERTY, inventada

para evitar o encravamento das máquinas de escrever do século XIX, continua a ser um *standard* na concepção de teclados, apesar desse problema já não se colocar nos equipamentos actuais e desta configuração não ser a mais otimizada [53, 33, 73]. Curiosamente, Seymour Papert, quando fala da relutância que a sociedade tem em adoptar a abordagem construcionista nas escolas, dá o exemplo da norma QWERTY para frisar que os seres humanos habitam-se aos *standards* pré-estabelecidos, mesmo quando estes deixam de cumprir o objectivo para que foram criados, tendo dificuldade em trocá-los por outros mais eficientes.

Outra configuração de teclas que o utilizador pode escolher, mostrada na figura 4.3 b), é a que dispõe as letras do teclado por ordem alfabética, fazendo essa organização por grupos de teclas. A principal razão porque esta configuração foi a primeira a ser implementada no *EasyVoice* prende-se com o facto de dispositivos de comunicação, como os telemóveis, utilizarem o sistema alfabético na escrita de mensagens de texto e achar-se que fazia sentido incluir uma filosofia semelhante no teclado desta aplicação.

Ordenar as letras do teclado por ordem de frequência é outra das possibilidades que o sistema permite. No caso da figura 4.3 c) as letras estão ordenadas pela frequência com que são utilizadas na língua inglesa, possibilitando que as letras mais frequentes estejam próximas. Isto é essencial para quem interage com o teclado através de um sistema apontador, visto que segundo a lei de Fitts [23] — como já foi analisada no capítulo 2 — diminui o tempo necessário para que o utilizador movimente o sistema apontador entre a última letra que seleccionou e a próxima que deseja seleccionar. Note-se que apesar desta configuração ser vantajosa para quem utilize um

dispositivo apontador, como por exemplo um rato, não traz vantagens para quem utilize o sistema de varrimentos por grupos. Embora as letras estejam organizadas por ordem de frequência dentro de cada grupo, seria mais fácil e rápido para um utilizador que use o sistema de varrimentos seleccionar a letra A se esta estivesse na primeira posição do segundo grupo, visto que o varrimento chega mais rapidamente a essa posição do que à terceira do primeiro grupo. A solução encontrada para resolver este problema, tornando o sistema mais versátil, consiste em posicionar as letras mais frequentes no teclado consoante o tipo de utilização.

A figura 4.4 ilustra como funciona o sistema de varrimentos por grupos implementado nesta aplicação, sendo que o seu princípio básico de funcionamento já foi descrito na revisão do estado da arte efectuada no capítulo 2. O exemplo ilustrado nesta figura utiliza o teclado com a configuração QWERTY, mas funciona de forma idêntica para as outras configurações de teclas. Este teclado tem cinco grupos de teclas, e um cursor visual vai avançando através de cada grupo com um determinado tempo de intervalo. Neste exemplo, quando o primeiro grupo do teclado é seleccionado pelo utilizador, o cursor do sistema de varrimentos passa a percorrer cada uma das 9 teclas (Q, W, E, A, S, D, Z, X, C), até que uma delas seja seleccionada.

A implementação deste sistema de varrimentos levou vários aspectos em consideração, nomeadamente que os utilizadores devem ter a possibilidade de adaptar as suas características às necessidades específicas que enfrentam. Cada utilizador tem uma velocidade de reacção diferente e é essencial que qualquer sistema de varrimentos permita definir o intervalo de tempo que o cursor visual permanece em cada opção. Simplificando, o sistema deve ser



Figura 4.4: Exemplo do sistema de varrimentos implementado no *EasyVoice*.

mais lento se o utilizador possuir menos capacidade de reacção e mais rápido caso contrário. Outra questão, prende-se com o facto deste tipo de sistemas terem de cativar a atenção dos seus utilizadores com cores apelativas e com um sinal sonoro que pode ser opcional. Num sistema de varrimentos por grupos ainda é necessário definir a quantidade de vezes que este deve percorrer cada sub-grupo antes de sair para o estado inicial, permitido que caso o utilizador falhe uma selecção possa tentar novamente sem perder tempo. Contudo, caso a pessoa não efectue nenhuma escolha durante o número de ciclos definidos, o sistema assume que esta não queria entrar naquele sub-grupo e volta ao estado inicial.

O sistema de varrimentos do *EasyVoice* dispõe de três níveis de velocidade, nomeadamente a velocidade lenta, normal, e rápida. A primeira é adequada a utilizadores com poucos reflexos e que têm muitas dificuldades em premir o *switch* quando desejam fazê-lo. A velocidade normal é ideal para suprir as necessidades apresentadas pela maioria dos utilizadores que recorrem a este tipo de sistemas, e a rápida destina-se a pessoas que apesar das suas limitações motoras têm reflexos rápidos. As opções de configuração do sistema *EasyVoice* ainda possibilitam ao utilizador definir uma de três

cores para o sistema de varrimentos (amarelo, vermelho, azul), se este deve ser acompanhado de um sinal sonoro ou não, e o número de ciclos que deseja que o sistema efectue antes de voltar ao estado inicial (nomeadamente um valor entre 2 e 5).

Após a apresentação do *interface*, e das cinco características de acessibilidade que lhe são inerentes, a próxima sub-secção descreve o funcionamento da aplicação na sua globalidade. Referiu-se que as versões mais recentes deste sistema foram desenvolvidas recorrendo à SAPI da *Microsoft* para permitir que o utilizador utilize qualquer sintetizador de voz, desde que este seja compatível com esta API, e à API disponibilizada pelo *Skype* para injectar o som gerado nas chamadas activas neste sistema. Porém, ainda não foi referido como a articulação de todas as tecnologias presentes nesta aplicação é realizada e como o sistema funciona no seu todo.

4.3.3 Aspectos técnicos do sistema

Esta secção relata o desenvolvimento e a implementação do sistema *Easy-Voice*, mostrando como o conceito de integrar várias tecnologias existentes para permitir a realização de chamadas telefónicas utilizando uma voz sintetizada tornou-se uma aplicação prática. De qualquer forma, há uma série de aspectos que devem ser referidos e esclarecidos para dissipar possíveis dúvidas do leitor. Esta sub-secção tem por objectivo tentar explicar como funciona realmente a aplicação e porque algumas das suas características estão implementadas para funcionar de determinada maneira.

O *interface* deste sistema foi desenvolvido na linguagem C++, recorrendo

à biblioteca multi-plataforma *wxWidgets* que forneceu os elementos básicos para a sua construção. Os algoritmos inerentes a todas as características de acessibilidade, à procura e à substituição de palavras, e a normalização do texto foram desenvolvidos nesta linguagem de programação. Desta forma, uma das componentes principais do sistema *EasyVoice* pode ser facilmente portada do sistema operativo Windows para outros sistemas. Porém, realça-se o facto que o *EasyVoice* foi construído como um projecto de engenharia e dividido em três módulos diferentes. O *interface* é o módulo principal e recorre aos outros dois para efectuar, nomeadamente, a conversão do texto escrito em discurso e injectá-lo na chamada telefónica. Essas duas pequenas aplicações auxiliares foram desenvolvidas na linguagem C#, interagindo respectivamente com a SAPI da *Microsoft* e com a API fornecida pela empresa proprietária do *Skype*. A lógica do sistema estar dividido em diferentes módulos permite uma maior flexibilidade, visto que no futuro pode-se desejar colocar o *EasyVoice* a interagir com outra aplicação VoIP e será só necessário alterar o módulo correspondente.

Em linhas gerais, uma vez que o sistema sintetiza o texto escrito e injecta-o na chamada telefónica, o leitor pode pensar erroneamente que no retorno se realiza o processo inverso. Não, o sistema foi concebido para pessoas que não possuem problemas de audição e o utilizador apenas ouve o que quem está do outro lado lhe responde pelo sistema de som. É certo que fazer o processo inverso seria interessante, como será referido na secção 6.2 do capítulo 6, porém este sistema não foi inicialmente idealizado para realizar tal função e o estado da arte em sistemas de reconhecimento de voz ainda não permite que um sistema com essa funcionalidade esteja livre de

falhas. Realça-se que o foco do trabalho que conduziu ao desenvolvimento do *EasyVoice* centrou-se somente em portadores de problemas de dicção e limitações de coordenação motora, tendo por objectivo primário colmatar as dificuldades de comunicação à distância apresentadas por alguns portadores de PC.

Aliás, partido do princípio que as pessoas conseguem pronunciar algumas palavras ou sons, o sistema foi concebido de forma a permitir que a pessoa também seja ouvida se tiver um microfone ligado ao sistema de som do computador. Embora pareça um contra-senso, muitas pessoas que têm problemas de dicção podem não ser completamente entendidas mas falam e a sua voz é reconhecida. Tornar possível que quem está do outro lado possa ouvir também o que se está a passar enquanto o utilizador escreve a mensagem que será sintetizada e transmitida, faz com que o processo não seja monótono. Imagine, mesmo quando o utilizador não consegue falar uma só palavra, é muito menos aborrecido para quem está do outro lado da linha ouvir o som das teclas — ou do ambiente que circunda o utilizador — que escutar apenas silêncio. Todavia, quando uma mensagem sintetizada é enviada, através do *Skype*, o som que provém do microfone é desligado durante esse curto período de tempo, evitando que os sons se sobreponham e a qualidade do som sintetizado seja deteriorada.

A mistura da interacção escrita e da interacção por voz também pode ser benéfica caso se considere que a aplicação também pode ser utilizada por pessoas sem qualquer tipo de deficiências, por exemplo, quando estão em locais ou situações onde não podem ou não é conveniente falar. Desta forma, enquanto escreve a mensagem que deseja transmitir, um utilizador com estas

características pode ir pronunciando algumas palavras discretamente para o microfone.

O processo como a mensagem é sintetizada e enviada através das ligações activas no *Skype* também pode suscitar dúvidas, uma vez que esta acção poderia estar implementada de várias formas. Porém, a implementação usada para este sistema baseia-se na premissa que o utilizador é que decide quando o texto está pronto para ser sintetizado e injectado na ligação telefónica ao pressionar a tecla *Enter* ou o botão *Speak* (*Falar*, na versão portuguesa). O leitor pode pensar que uma forma de reduzir os tempos “mortos” da conversação seria implementar este processo de outra forma, nomeadamente sintetizando e enviando automaticamente a mensagem após o utilizador escrever uma sílaba ou uma palavra. Contudo, apesar de diminuir as pausas na conversação, este método não é viável porque a pessoa do outro lado da linha teria de fazer um esforço adicional para ir juntando as sílabas, ou as palavras, em vez de focar-se no conteúdo da mensagem.

Ao controlar o momento exacto em que a mensagem deve ser injectada na chamada telefónica, o utilizador tem a possibilidade de reduzir ao máximo possíveis erros no texto e aumentar a legibilidade da mensagem. De qualquer forma, os sistemas de aceleração de escrita já servem para atenuar muitos dos tempos mortos durante uma conversação telefónica. Quando o utilizador sabe previamente que necessita narrar um facto à pessoa que está do outro lado da linha, o que pode acontecer em variadas situações, tem a possibilidade de preparar esse discurso num ficheiro de texto que será lido pelo *EasyVoice*. Embora não seja um método de aceleração de escrita, esta última funcionalidade também permite a eliminação de vários momentos de pausa

durante uma conversação.

Salienta-se que todas as conversações telefónicas têm um custo associado e os tempos de pausa na conversa, além de a tornarem monótona, podem ser vistos como um desperdício de recursos. Por este facto, durante o desenvolvimento do sistema *EasyVoice* existiu sempre a preocupação de desenhar e incluir mecanismos que atenuassem ao máximo essas pausas. Todo o sistema inova ao conjugar várias tecnologias diferentes para permitir que pessoas com problemas na fala possam realizar chamadas telefónicas usando uma voz sintetizada, mas também tenta eliminar as desvantagens destes utilizadores em relação às outras pessoas. Assim, a preocupação que o sistema tenha meios de acelerar o processo de escrita e diminuir as pausas na conversação é também de ordem económica.

Tendo em conta que vários utilizadores também utilizam sistemas TTS convencionais para comunicarem com quem está perto, achou-se conveniente desenvolver o sistema *EasyVoice* de forma a também ser configurado para trabalhar como um TTS normal. Embora esta funcionalidade adicional pareça irrelevante, evita que o utilizador tenha de utilizar outro sistema TTS quando deseja falar presencialmente com os seus amigos, colegas, ou familiares. Desta forma o som deixa de ser injectado nas chamadas activas do *Skype* e passa a sair pelas colunas do computador.

Em linhas gerais, pode-se dizer que o sistema *EasyVoice* conjuga com simplicidade sistemas de síntese de voz, tecnologia VoIP, e várias características de acessibilidade para permitir a realização de chamadas telefónicas a portadores de limitações na fala. Para este sistema funcionar, o utilizador apenas necessita de ter pelo menos uma chamada activa no *Skype* e a opção *Send*

voice through Skype (*Enviar voz pelo Skype*, na versão portuguesa) também activa. De cada vez que uma mensagem é escrita e enviada, o sistema faz a conversão do texto em voz e injecta o ficheiro de som resultante dessa conversão em todas as chamadas que estejam activas na sessão do *Skype*. A vantagem de o som ser injectado em todas as chamadas activas prende-se com o facto da pessoa poder estar a participar numa conferência, ou seja, conversando com várias pessoas em simultâneo.

4.4 Sumário

Este capítulo mostrou como foi idealizado e concebido um sistema que oferece a possibilidade de pessoas com problemas na fala realizarem chamadas telefónicas usando uma voz sintetizada. Os sistemas de síntese de voz são utilizados em várias áreas e, como foi analisado no capítulo 2, servem de base a um vasto leque de tecnologias de acessibilidade. Há longos anos que portadores de limitações na fala utilizam sistemas TTS para interagirem e comunicarem mais facilmente com o mundo que os rodeia. Aliás, o contacto com os utentes da APPC mostrou exactamente a importância que aplicações TTS assumem na vida de pessoas que possuem dificuldades de comunicação. Porém, tanto quanto se sabe pela literatura, esses sistemas de acessibilidade têm a desvantagem de não permitirem a realização de chamadas telefónicas, limitando a comunicação do seu utilizador a um espaço físico. Por outras palavras, um portador de limitações na fala tem muita dificuldade em se comunicar com pessoas que estejam distantes, excepto através de mensagens de texto.

O sistema aqui apresentado, conhecido por *EasyVoice*, foi desenvolvido para colmatar essa limitação dos sistemas TTS convencionais, através da união de vários conhecimentos e conceitos. Basicamente, esta aplicação une sistemas de síntese de voz e tecnologia VoIP com um conjunto de métodos de acessibilidade, permitindo que a realização de chamadas telefônicas se torne acessível a portadores de limitações na fala. Compara-se o desenvolvimento desta aplicação a uma construção de Legos e à teoria construcionista de Seymour Papert [53, 54], visto que esta aplicação baseia-se em tecnologias que há muito são estudadas e utilizadas em separado. Uma das grandes inovações deste conceito é usar as potencialidades de cada uma dessas tecnologias para gerar algo mais que a soma das partes, gerando uma tecnologia de acessibilidade que pode melhorar a qualidade de vida e transformar o cotidiano de muitas pessoas.

O paralelo entre o surgimento do sistema *EasyVoice* e a invenção da *World Wide Web*, efectuado neste capítulo, não pretende colocar as duas aplicações na mesma balança e serve apenas para mostrar que um dos marcos na história das ciências da computação também nasceu da união de tecnologias já existentes. A inovação destes sistemas não está nas tecnologias que lhes servem de base, e têm funcionalidades próprias, mas sim na ideia de usá-las para outras finalidades, suprindo assim algumas necessidades dos seres humanos. De certa forma, salvo as devidas diferenças, podemos comparar esta forma de idealização e implementação de novas tecnologias, tendo por base sistemas pré-existentes, à adaptação de tecnologias comuns às necessidades dos portadores de deficiências abordada no capítulo 3 desta dissertação.

Aliás, o leitor pode pensar neste sistema como a consequência natural

do trabalho realizado na APPC. Vários dos seus utentes, embora tenham as suas capacidades intelectuais intactas, sofrem de graves limitações motoras e também apresentam problemas de dicção, recorrendo a um conjunto de tecnologias de acessibilidade para conseguirem comunicar e interagir com o ambiente que os rodeia. O *EasyVoice* é, em certa medida, uma adaptação dessas tecnologias e estende a capacidade de comunicação dos portadores de limitações na fala a outros níveis. No fundo, e sem qualquer tipo de pretensão, também podemos dizer que a *World Wide Web* é uma extensão dos documentos de hipertexto, usando as potencialidades oferecidas pela Internet para interligar documentos localizados em diferentes partes do mundo.

Ao longo deste capítulo o leitor teve oportunidade de conhecer o conceito por trás do desenvolvimento do sistema *EasyVoice*, conhecendo também algumas características da sua implementação. De certa forma, inteirou-se dos métodos de acessibilidade incluídos no sistema e apercebeu-se que esta aplicação foi concebida de forma a ser acessível até a portadores de graves limitações motoras. O desenvolvimento de um sistema de acessibilidade para colmatar as dificuldades de comunicação de portadores de problemas na fala, sejam eles de que tipo forem, nunca poderia deixar de considerar que o seu público alvo também pode ter um conjunto de limitações motoras como barreiras adicionais à sua capacidade de comunicação. Contudo, este capítulo também mostrou que o sistema pode ser utilizado por pessoas sem qualquer tipo de limitações para comunicarem, por exemplo, dentro de ambientes em que não podem estar a falar.

Salienta-se que esta aplicação foi desenvolvida com o intuito de ser fácil e simples de utilizar, centrando as suas funcionalidades apenas nas necessidades

dos utilizadores e eliminando todas as que eram supérfluas. Desta forma, o processo de desenvolvimento do sistema *EasyVoice* está intimamente ligado à realização e análise de testes de usabilidade realizados com um grupo de portadores de PC. O capítulo 5 é, na verdade, uma extensão deste, visto que os aperfeiçoamentos ao sistema — realizados ao longo de várias iterações do processo de implementação — resultam de testes de usabilidade realizados às versões antecedentes. Este ciclo de desenvolvimento realizou-se desde o primeiro protótipo, até a versão actual da aplicação, permitindo eliminar vários problemas de usabilidade e tornar a utilização do sistema mais simples e prática.

Capítulo 5

Testes de usabilidade

5.1 Introdução

O desenvolvimento de uma aplicação informática, mais especificamente do seu *interface*, é um processo muito complexo e que deve levar em consideração diversos factores. De forma a garantir uma boa qualidade de interacção entre os possíveis utilizadores e o *interface*, a pessoa que desenha e implementa este tipo de sistemas deve centrar a sua atenção nos utilizadores e na forma como estes interagem com a aplicação. Felizmente, nos últimos anos, a área de conhecimento que se foca no estudo da interacção entre as pessoas e as máquinas está a ganhar mais relevo entre as pessoas que desenharam, desenvolvem e implementam diferentes tipos de *software*.

Salienta-se que as pessoas que desenvolvem qualquer tipo de aplicação devem centrar a sua atenção nas necessidades, desejos e limitações do público alvo. Geralmente, como refere Jakob Nielsen no livro “*Usability Engineering*” [47], mesmo um perito em desenho de *interfaces* e na área que estuda a

interacção entre as pessoas e as máquinas não consegue desenvolver um sistema sem falhas de usabilidade, baseando-se apenas nos seus conhecimentos. Uma aplicação só terá uma boa usabilidade se quem a desenvolve conhecer, entender, e trabalhar com pessoas que representem o público alvo da mesma [15], garantindo que o utilizador usa o *interface* com mais eficiência, eficácia e satisfação. Para tal, toda a fase de desenvolvimento do *software* deve se centrar no utilizador e deve ser acompanhada da realização de testes de usabilidade.

Pode-se afirmar que o *interface* do sistema *EasyVoice*, desde o seu primeiro protótipo até à versão actual, sofreu uma série de alterações e foi refinado através de um processo iterativo de implementação. Por outras palavras, cada versão desta aplicação foi desenvolvida com base na análise dos testes de usabilidade realizados à versão precedente. A qualidade da interacção entre os utilizadores e o sistema *EasyVoice* foi melhorada em cada uma dessas versões. Ninguém melhor que os portadores de deficiências na fala, possuidores de limitações motoras ou não, para detectar problemas de ineficiência e ineficácia no sistema e para sugerir alterações ao desenho do mesmo. Este capítulo descreve uma série de testes de usabilidade que um conjunto de portadores de PC realizou ao *EasyVoice* e o impacto que estes tiveram no seu desenho e na sua implementação.

Seguidamente, descreve-se toda a fase de preparação e planeamento dos testes de usabilidade. Esta fase foi crucial e de importância extrema para o sucesso dos mesmos, visto que nesta etapa foi realizada a definição dos objectivos dos testes, a escolha da população, e a elaboração do conjunto de tarefas a realizar. Após o planeamento dos testes, o leitor pode analisar os

estudos realizados e o impacto que tiveram no desenho da aplicação.

5.2 Preparação dos testes

Os testes de usabilidade visam colocar um grupo de utilizadores a interagir com o sistema, num ambiente controlado, para desempenharem uma série de tarefas, com objectivos específicos, num determinado contexto. A análise dos dados recolhidos através desta técnica permite determinar a qualidade do *interface* e detectar as suas falhas de usabilidade. Desta forma, é essencial um planeamento cuidadoso das tarefas, assim como dos respectivos objectivos, e garantir que estas sirvam para analisar a facilidade de utilização da aplicação, se os utilizadores memorizam as tarefas facilmente, a produtividade na execução das tarefas, a forma como o sistema se previne e recupera de erros durante a sua utilização, e a satisfação do utilizador.

A preparação de testes de usabilidade deve levar ainda em consideração que é o grupo de utilizadores escolhido, dentro do possível público alvo, que vai avaliar o estado em que a aplicação se encontra a nível de usabilidade. Observar esses utilizadores, durante o decorrer dos testes ou através da posterior análise das gravações de vídeo dos mesmos, ajudam a aprender e a compreender melhor a usabilidade da aplicação.

Esta secção está dividida em três sub-secções que retratam a forma como a preparação dos testes de usabilidade do sistema *EasyVoice* foi efectuada, nomeadamente descrevem ao leitor os objectivos principais destes testes, como foram escolhidos os utilizadores, e a fase de elaboração das tarefas a serem realizadas por esses utilizadores. Frisa-se que na última sub-secção o leitor

toma conhecimento do objectivo de cada uma das tarefas.

5.2.1 Objectivos

Uma das partes mais importantes no planeamento de testes de usabilidade é a definição de objectivos, visto que torna mais fácil a preparação de tudo o resto. Um bom conhecimento do que se deseja aprender com a realização dos testes facilita a escolha dos participantes, das tarefas que estes devem executar, da métrica a utilizar para uma análise quantitativa dos mesmos, e da configuração dos equipamentos a utilizar [15]. Simplificando, os objectivos ajudam a definir o que se deseja aprender sobre a usabilidade de determinado produto. Porém, como diz Nielsen [47], embora a definição destes objectivos seja relativamente simples quando se testa uma nova versão de um sistema já existente ou um novo produto que tenha concorrência no mercado, torna-se uma tarefa muito complicada caso contrário. Este facto constatou-se na dificuldade de definir objectivos para os testes do sistema *EasyVoice*, visto que não se conhece a existência de nenhum sistema semelhante em toda a literatura. Claro que estes testes destinaram-se a estudar a qualidade do *interface* do sistema *EasyVoice*, analisando quantitativamente e qualitativamente com que eficiência e eficácia cumpre a tarefa para que foi concebido. Contudo, foi necessário definir em que aspectos concretos deviam-se focar os testes, definindo o que pretendia-se aprender com eles [15], tendo sempre presente que estes eram a ferramenta para se compreender e melhorar a usabilidade da aplicação, através do processo iterativo de desenvolvimento descrito no capítulo 4.

O *EasyVoice* é um sistema informático que visa permitir a realização de chamadas telefónicas a pessoas com problemas na fala, portadoras ou não de limitações motoras, recorrendo à utilização de uma voz sintetizada. Por conseguinte, o objectivo principal destes testes foi analisar a facilidade de utilização do seu *interface*, tentando responder à seguinte questão: Os utilizadores conseguem usar o sistema de uma forma simples e intuitiva?

A resposta à questão era útil para determinar-se a qualidade do desenho do *interface*, mas também demasiado vaga para identificar as suas possíveis falhas de usabilidade. Desta maneira, utilizou-se esta questão como base para formular questões focadas em aspectos mais específicos do *interface* deste sistema. As preocupações mais particulares sobre a simplicidade de utilização do sistema prendiam-se com as seguintes questões:

- Os utilizadores conseguem escrever e sintetizar/enviar as mensagens de texto facilmente?
- O sistema de abreviaturas é útil?
- Os utilizadores são capazes de utilizar facilmente a lista que contém as palavras sugeridas pelo sistema de *word completion*?
- Os utilizadores são capazes de utilizar facilmente a lista que contém as últimas mensagens enviadas?
- Os utilizadores conseguem encontrar rapidamente a opção que desejam nos menus?
- Uma mensagem que encontra-se armazenada num ficheiro de texto pode ser enviada de forma fácil e rápida?

- O sistema de edição de abreviaturas é intuitivo?
- Como é que os utilizadores utilizam as características deste *interface* numa situação real?

Assim, os objectivos subjacentes à realização destes testes focaram-se em analisar a simplicidade do processo de escrita e envio de mensagens, a intuitividade das características de auxílio de escrita, a simplicidade de navegação nos menus, a facilidade de utilização do sistema de edição das abreviaturas, e que características do sistema *EasyVoice* são utilizadas numa situação real. Salienta-se que estes objectivos, e as questões que lhes são inerentes, conduziram à elaboração das tarefas como será abordado na secção 5.2.3 deste capítulo. Este conjunto de tarefas foi realizado pela população que participou no estudo, permitindo analisar quantitativamente e qualitativamente o desempenho do sistema. Frisa-se ainda que, apesar de se considerar o tempo necessário para que cada uma das tarefas fosse concluída, a análise quantitativa baseou-se essencialmente no número de erros de cada utilizador, enquanto a análise qualitativa foi baseada na opinião subjectiva dos utilizadores. Porém, antes de se retratar a forma como foi realizado o processo de elaboração das tarefas, é necessário explicar ao leitor como foi seleccionado o grupo de utilizadores que participou nestes testes.

5.2.2 Escolha do grupo de utilizadores

Após a definição do que se desejava aprender sobre a usabilidade do sistema *EasyVoice*, e da determinação concreta dos objectivos destes testes, foi necessário definir quem iria efectuá-los. Escolher uma população para testar

um sistema é um dos aspectos que pode determinar o sucesso dos testes, visto que são estes utilizadores que vão determinar as falhas de usabilidade que nele existem. Assim, sabendo-se que o grupo de utilizadores escolhidos para testar uma aplicação deve representar tanto quanto possível o público alvo [47], e tendo presente a especificidade do *EasyVoice*, tentou-se escolher portadores de problemas na fala que tivessem, ou não, limitações motoras. Embora exista um amplo leque de pessoas com problemas na fala, causados por diversos motivos, não foi uma tarefa fácil encontrar uma população heterogénea de voluntários para a realização destes testes.

O objectivo inicial era conseguir um vasto número de voluntários que fossem portadores de problemas de fala, causados por diversas razões, inclusive pessoas que tivessem perdido a voz devido a doenças como o cancro. Desta forma, começou-se por contactar várias instituições e profissionais (e.g. terapeutas da fala) para obter-se o contacto de pessoas com essas características, tendo-se também contactado a Direcção Regional de Educação do Algarve (DREA) de forma a conhecer-se alunos do ensino regular que apresentassem problemas de voz e fala. Contudo, apesar da maioria dessas pessoas e organismos fornecerem alguns dados interessantes, não podiam fornecer todas as informações necessárias para um contacto directo com os portadores de deficiências na fala porque tudo o que pode identificar determinado indivíduo (e.g. nome, números de telefone) é considerado dado pessoal. A obtenção desses dados tornou-se uma tarefa complicada e quando se eliminava uma questão de ordem burocrática surgia logo outra.

Era essencial ao desenvolvimento do projecto, e da própria aplicação, que os testes de usabilidade não ficassem adiados por tempo indeterminado,

visto que desejava-se desenvolver este sistema baseado nas necessidades dos utilizadores recorrendo a uma implementação iterativa (como foi abordado no capítulo 4). Por conseguinte, conhecendo-se alguns portadores de PC com problemas de dicção, entrou-se em contacto com eles e com a própria APPC. Pode-se argumentar que este grupo de pessoas apenas representa uma pequena parte do vasto leque de utilizadores que podem recorrer ao sistema *EasyVoice*. Contudo, como vimos no capítulo 3, as limitações dos portadores de PC variam, consoante a sua classificação, podendo ser quase imperceptíveis ou muito notórias. Desta maneira, pode-se dizer que embora um grupo de portadores de PC possa parecer muito homogéneo, acaba por se revelar bastante heterogéneo, reflectindo as necessidades e as dificuldades da maioria das pessoas com deficiências na fala. Este grupo permite ainda analisar as necessidades dos utilizadores que, além dos problemas na fala, também possuem limitações ao nível da coordenação motora.

A selecção do grupo de utilizadores que realizou os testes também levou em consideração um conjunto de condições. Alguns dos utentes da APPC não frequentam o ensino regular e, embora aprendam a escrever com os próprios educadores da instituição, não dominam a escrita suficientemente bem para utilizarem sistemas que se baseiam em texto. Como já foi explicado nesta dissertação, os utilizadores do sistema *EasyVoice* necessitam de escrever as mensagens que desejam sintetizar e injectar na chamada telefónica. Desta forma, a principal condição colocada para a selecção dos utilizadores foi que soubessem escrever. Outra condição, também importante, foi conseguir que a população não fosse apenas constituída por pessoas que dominassem os meios informáticos. À partida esta aplicação será utilizada na prática por

um amplo conjunto de utilizadores, sendo que uns estão acostumados a utilizar aplicações informáticas e outros podem ser quase inexperientes na utilização de computadores. Assim, era importante que o grupo de utilizadores escolhido para a realização dos testes representasse essa realidade. Desta forma, durante o processo de entrevistas tentou-se determinar que tipo de utilização cada uma das pessoas fazia do computador para se achar um ponto de equilíbrio entre utilizadores avançados e utilizadores menos experientes.

Salienta-se que a escolha de utilizadores mais experientes que a generalidade do público alvo pode trazer uma falsa sensação de segurança. Por outras palavras, estes utilizadores têm a tendência para ser mais tolerantes com certas falhas de usabilidade do *interface* (e.g. menus demasiado complexos) que um utilizador menos experiente. Porém, a escolha de participantes mais inexperientes do que a maioria dos utilizadores também pode originar trabalho desnecessário, visto que estas pessoas irão encontrar mais problemas de usabilidade do que aqueles que devem ser solucionados [15]. Numa situação típica estes dois grupos, utilizadores experientes e inexperientes, deviam realizar os testes de usabilidade em separado com algumas tarefas idênticas e outras diferentes [47]. Contudo, no caso particular dos testes realizados ao sistema *EasyVoice*, tentou-se seleccionar uma população que representasse a grande maioria do público alvo. Desta forma, a população que participou nos testes tinha, na sua globalidade, conhecimentos médios de informática.

É importante referir que deste processo de angariação, e selecção, de voluntários para a realização dos testes de usabilidade, apenas se conseguiu uma população de quatro pessoas maiores de idade. É um facto que a população poderia conter mais alguns elementos, que cumpriam o conjunto de

condições para participarem nos testes, mas o facto de serem menores de idade levou a que se tivesse de pedir um conjunto de autorizações aos pais e encarregados de educação. E, embora na maioria dos casos os responsáveis legais tivessem colaborado em tudo o que lhes foi solicitado, existia o grande problema de transportar as crianças até o local dos testes, visto que o projecto não tinha meios para garantir esse transporte. Assim, a população que realizou os testes de usabilidade foi constituída por dois elementos do sexo masculino e dois elementos do sexo feminino, de idades compreendidas entre os 28 e 48 anos, que apesar das suas limitações encontram-se perfeitamente integrados na sociedade e levam uma vida muito activa. A tabela 5.1 apresenta as características dos elementos que participaram na realização dos testes e, conseqüentemente, contribuíram para os melhoramentos efectuados no sistema (principalmente ao nível do *interface*). Salienta-se, contudo, que para preservar a identidade das pessoas envolvidas nestes testes, todos os nomes apresentados nesta dissertação são fictícios.

Tabela 5.1: Características dos elementos que participaram nos testes de usabilidade.

Nome	Idade	Sexo	Tipo de PC
Pedro	28	Masculino	Paralisia Cerebral Atetósica
Rui	40	Masculino	Paralisia Cerebral Atáxica e Diplegia ligeira
Vera	44	Feminino	Paralisa Cerebral Hemiparésia Espástica direita

Maria	48	Feminino	Paralisia Cerebral Tetraparésia Espástica de predomínio à esquerda e Atáxia
-------	----	----------	---

Numa situação ideal, quando um projecto de desenvolvimento de uma aplicação tem orçamento para a realização de testes, a população que participa no estudo de usabilidade deve ser grande de forma a permitir uma análise estatística dos dados recolhidos. Porém, nos casos em que não se pretende obter relevância estatística, as populações são tipicamente compostas por um grupo de seis a doze participantes dividido em dois ou três sub-grupos de três a cinco pessoas [15]. Aliás, estudos indicam que um grupo de três a cinco pessoas é capaz de encontrar a maioria dos problemas de usabilidade [15, 48].

Os testes de usabilidade ao sistema *EasyVoice* realizaram-se com apenas quatro participantes, visto que como já foi abordado, existiram dificuldades burocráticas que impediram o recrutamento de mais voluntários. Contudo, apesar da dimensão da população que testou o *software* ser reduzida, acredita-se que os estudos realizados com estes participantes serviram para detectar e solucionar a maioria dos problemas de usabilidade do *EasyVoice* [48]. Claro que a dimensão desta população oferece um grau de segurança menor do que se os testes tivessem sido realizados por um vasto conjunto de utilizadores, mas nem quando as aplicações são exaustivamente testadas por uma grande quantidade de utilizadores se pode garantir que estão 100% livres de falhas.

Após a selecção da população que participou no estudo de usabilidade,

contribuindo para o melhoramento do *interface* do sistema, começou-se a elaborar as tarefas a incluir nos testes.

5.2.3 Elaboração das tarefas

A elaboração das tarefas levou largamente em consideração os objectivos definidos para realização destes testes e o facto que deveriam, tanto quanto possível, representar a utilização do sistema numa situação real. De qualquer forma, a elaboração e a selecção de tarefas é sempre um processo que deve levar em consideração o tempo disponível para testá-las. Não serve de nada um teste conter 50 tarefas se os participantes não as conseguirem completar durante o tempo estimado para a realização dos testes. Assim, como diz Nielsen [47], as tarefas devem ser suficientemente pequenas para serem completadas pelos participantes, sem tornarem-se demasiado triviais. Durante a definição das tarefas, mesmo estando cientes da pouca complexidade do sistema, sabia-se que era impossível aprender tudo sobre a usabilidade da aplicação (assim como acontece com qualquer outro sistema que seja testado), considerando-se essencial que as tarefas incluídas nos testes respondessem às preocupações sobre a simplicidade de utilização do *interface* que foram abordadas na secção 5.2.1.

Uma das grandes dúvidas era saber se o *interface* permite que o utilizador escreva as mensagens que deseja transmitir de forma simples e intuitiva, considerando que este também pode utilizar o sistema *EasyVoice* como um TTS convencional. A melhor forma de responder a esta preocupação foi elaborar duas tarefas, com objectivo de analisar como o utilizador interage com o sis-

tema nas duas situações. Recorda-se que quando o utilizador usa a aplicação como um TTS convencional ouve o resultado da síntese, enquanto quando a utiliza para realizar chamadas telefónicas apenas recebe uma mensagem visual avisando-o que a mensagem foi enviada. Por conseguinte, também era fundamental determinar se a mensagem enviada pelo sistema não era demasiadamente confusa ou vaga. Como o leitor pode observar na tabela 5.2, que contém todas as tarefas incluídas nos testes e os respectivos objectivos, deu-se prioridade às duas tarefas que permitem responder a esta preocupação. Uma vez que o utilizador necessita de escrever as mensagens que deseja transmitir, é essencial que o *interface* permita que a inserção de texto seja fácil, rápida, e intuitiva para diminuir os tempos de pausa na conversação.

Os utilizadores do *EasyVoice* podem também recorrer a um conjunto de características que visam facilitar a sua função principal, nomeadamente um sistema de abreviaturas, um sistema de *word completion*, e um sistema de arquivo de mensagens enviadas. Desta forma, teve-se a preocupação de elaborar um conjunto de três tarefas para testar a utilidade, facilidade de utilização, e intuitividade de cada um destes sistemas.

Outra grande dúvida em relação à intuitividade do *interface* prendia-se com o sistema de menus. Será que um utilizador consegue encontrar o que deseja nos menus do *EasyVoice*? A resposta a esta questão era importante para determinar-se se a informação colocada no sistema de menus é clara. Assim, aproveitando para testar outras funcionalidades da aplicação, elaborou-se duas tarefas que “obrigavam” os participantes a utilizarem o sistema de menus. A primeira destas tarefas pede para o utilizador abrir um ficheiro de texto que contém uma mensagem já preparada para ser enviada, tendo o

objectivo de analisar se esta funcionalidade é útil quando a pessoa pretende efectuar longas descrições. Por outro lado, a segunda tarefa também foi elaborada com o objectivo de testar a facilidade e a intuitividade de utilização do sistema de edição de abreviaturas.

Finalmente, a última tarefa foi elaborada com o objectivo de analisar o modo de funcionamento da aplicação numa situação real, possibilitando que cada participante nos testes realizasse uma chamada telefónica para uma pessoa (externa ao teste e que não saiba da sua realização) e estabelecesse uma conversa.

Tabela 5.2: Tarefas incluídas nos testes de usabilidade e respectivos objectivos.

Número	Tarefa	Objectivos
1	Antes de efectuar qualquer chamada telefónica, e para se ambientar ao <i>EasyVoice</i> , utilize o sistema como uma aplicação texto-para-discurso comum. Escreva a seguinte frase: “Estou a testar o sistema <i>EasyVoice</i> .”	O objectivo principal desta tarefa é analisar como o utilizador interage com o <i>interface</i> . Esta tarefa também é essencial para verificar se o participante apresenta dificuldades para escrever e sintetizar a mensagem.

2	<p>Concluída a tarefa anterior, que serviu para se ambientar ao <i>EasyVoice</i>, está na altura de o utilizar conjuntamente com o <i>Skype</i>. Para tal, deve efectuar uma chamada para o utilizador <i>teste_do_easyvoice</i> e apresentar-se.</p>	<p>Esta tarefa tem o objectivo de analisar a interacção do utilizador com o sistema, as possíveis dificuldades do utilizador, e se a comunicação se realiza de forma simples e clara. Salienta-se que a tarefa está terminada após serem efectuadas as primeiras apresentações e trocados os cumprimentos de praxe.</p>
3	<p>Durante a conversação, e para diminuir os tempos de espera, tente utilizar abreviaturas quando escreve as frases.</p> <p>Algumas das abreviaturas predefinidas são: s→sim, n→não, q→que, hj→hoje, qq→qualquer, vc→você, tb→também, pq→porque</p>	<p>O objectivo desta tarefa é analisar se o sistema de abreviaturas aumenta a rapidez de comunicação.</p>

4	<p>Utilize o sistema de sugestões (sistema de <i>word completion</i>) para aumentar a rapidez do processo de escrita.</p>	<p>O objectivo desta tarefa, tal como na anterior, é analisar se este sistema aumenta a velocidade de escrita do utilizador.</p>
5	<p>Muitas vezes, durante uma chamada telefónica, o receptor pode não entender uma palavra ou frase. Por esse motivo deve testar o sistema de arquivo de mensagens do <i>EasyVoice</i>.</p>	<p>O objectivo desta tarefa é verificar se este sistema funciona correctamente. Além de verificar o aumento na rapidez de inserção de texto, durante uma chamada telefónica, deve analisar como o utilizador interage com este sistema, anotando possíveis falhas e formas de melhorar as mesmas em futuras versões deste <i>software</i>.</p>

6	<p>No decorrer de uma conversa de trabalho, ou até mesmo pessoal, é necessário, por vezes, descrever alguma situação mais complexa. Quando necessita explicar uma situação complexa, que requer a digitação de grandes quantidades de texto, pode escrever previamente essa explicação num ficheiro de texto.</p> <p>Nesta tarefa você quer comunicar o conteúdo do ficheiro <i>teste.txt</i>, que se encontra na pasta <i>os meus documentos</i>, ao receptor.</p>	<p>O objectivo desta tarefa é verificar a utilidade desta funcionalidade quando é necessário efectuar longas descrições.</p>
---	---	--

7	Usado as regras de boa educação, como é habitual, conduza a conversa telefónica para o seu término. Nas últimas frases que irá trocar com o receptor, utilize as características de auxílio de escrita que achar mais convenientes.	O objectivo desta tarefa é analisar quais os sistemas de auxílio de escrita que o utilizador escolhe usar.
8	Adicione as suas próprias abreviaturas ao sistema. Para tal, aceda à opção de <i>configuração</i> no sistema de menus.	O objectivo desta tarefa é verificar se o interface de edição de abreviaturas é intuitivo.
9	Efectue uma chamada para um número fixo, ou móvel, à sua escolha. Apresente-se e descreva à pessoa o sistema que está a utilizar.	O objectivo desta tarefa é testar o sistema numa situação real.

Após a elaboração das tarefas descritas na tabela 5.2, foi necessário decidir como é que as tarefas seriam apresentadas aos participantes no estudo.

Regra geral, para tornar todo o processo mais realístico, são criadas pequenas histórias, conhecidas por cenários, para as tarefas [15]. Porém, como o leitor pode observar na tabela 5.2, neste caso específico os cenários estão presentes nas próprias tarefas. Por outras palavras, os participantes ao lerem cada uma das tarefas têm a noção do contexto em que elas estão inseridas. Para além disso, definiu-se que a pessoa presente no outro lado da linha assumia o papel de um curioso e pedia ao participante para lhe prestar informações sobre o *software*. O observador também assumia o papel de um curioso nalgumas das tarefas (particularmente nas tarefas 1 e 8).

Antes de dar início à realização dos testes, existiu a necessidade de definir como, e de que forma, cada uma das tarefas seria analisada de forma quantitativa. Duas das formas mais comuns de efectuar uma análise quantitativa da usabilidade de um sistema baseiam-se no tempo gasto por um utilizador na realização de cada tarefa e no respectivo número de erros. Como quantificar o tempo máximo aceitável para a realização de cada tarefa? A resposta a esta questão não é linear, visto que não se deve definir este critério com base no conhecimento existente sobre o sistema. Deve-se, contudo, levar em consideração a experiência dos utilizadores. Geralmente, são realizados testes preliminares para determinar os tempos médios necessários à realização de cada tarefa. Porém, uma vez que não se realizou esses testes e não se tinha dados para determinar os tempos necessários para completar cada uma das tarefas, adoptou-se a técnica de colocar uma pessoa com “experiência” no sistema a efectuar cada uma das tarefas. Os resultados retirados desta utilização permitiram determinar quais as tarefas que consumiam mais tempo. Todavia, teve-se em consideração que um utilizador sem experiência no sis-

tema poderia levar mais tempo a concluir cada uma destas tarefas [15].

Na realidade, dada a especificidade do sistema, definir os tempos necessários à conclusão de cada tarefa teve vários factores em consideração. Por conseguinte, o utilizador “experiente” realizou todas as tarefas de diferentes maneiras, visto que escrever uma mensagem de texto usando o teclado do computador leva menos tempo que escrever a mesma mensagem utilizando o sistema de varrimentos do teclado virtual. Aliás, a própria escrita dessa mesma mensagem através da utilização do sistema de varrimentos do teclado virtual varia, a nível de tempo, consoante a velocidade definida para o funcionamento deste. Por exemplo, dependendo também da coordenação motora do utilizador, quando este escreve uma mensagem usando os varrimentos na velocidade mais rápida demora, geralmente, menos tempo que quando o sistema é configurado para funcionar nas velocidades mais lentas.

Em linhas gerais, devido à dificuldade que se teve em recrutar participantes, todos os testes foram realizados por pessoas que não tinham necessidade de utilizarem o sistema de varrimentos, interagindo com a aplicação através de teclados físicos tradicionais. Este facto impediu, pelo menos em parte, de testar a usabilidade do sistema quando utilizado por portadores de graves limitações motoras, mas pode-se afirmar que conseguiu-se analisar os aspectos fundamentais sobre a usabilidade do sistema *EasyVoice*. Em primeiro lugar, a maioria das características presentes no *interface* foram testadas e, consequentemente, comprovou-se que a aplicação era simples e intuitiva para a maioria do público alvo. Depois, mas não menos importante, convém referir que o sistema de varrimentos do teclado virtual é uma característica opcional que foi incluída na aplicação com o objectivo de a tornar acessível a um maior

número de utilizadores, à semelhança de outros sistemas idênticos implementados em sistemas TTS convencionais. É evidente que, mesmo sendo esta uma característica incluída para facilitar o acesso de um grupo específico de utilizadores à aplicação, é importante testar a sua usabilidade, mas sabendo-se que nenhum dos participantes seleccionados para os testes utilizava este tipo de sistemas não era possível, nem cientificamente correcto, “obrigá-los” a testar este componente do *interface*.

Dentro deste contexto, tendo em consideração que nenhum dos participantes iria recorrer ao sistema de varrimentos, decidiu-se centrar o estudo de usabilidade ao *EasyVoice* em todas as suas outras características. Porém, constatou-se ainda durante a fase de preparação dos testes — levando em consideração a análise da utilização efectuada pelo utilizador “experiente” e de algumas utilizações de carácter informal realizadas por alguns membros do laboratório — que seria impossível definir um critério objectivo para a comparação do tempo de execução das diferentes tarefas, visto que — à excepção das tarefas número 1, 5, 6, e 8 — durante uma chamada telefónica as frases escritas nunca são idênticas. Por exemplo, e dependendo do estado de espírito de cada participante, enquanto uma pessoa podia escrever a frase “Estou a gostar deste sistema”, outra poderia elaborar uma mensagem mais completa (e.g. “Sim, estou a adorar as potencialidades desta aplicação e espero utilizá-la frequentemente no meu dia-a-dia”). Assim, e embora tenha-se dado relevo aos tempos gastos na realização de algumas tarefas, apenas focou-se a análise quantitativa da usabilidade do sistema no número de erros provocados por problemas de interacção ou a ambiguidades existentes no *interface*. Aliás, a tabela 5.3 mostra como o número de erros serve de base aos

critérios que permitem classificar de que forma cada tarefa foi executada.

Tabela 5.3: Critérios para a análise quantitativa.

Tarefa	Excelente	Aceitável	Inaceitável
1	Um máximo de 1 erro.	Entre 2 e 3 erros.	Superior a 3 erros.
2	Um máximo de 1 erro.	Entre 2 e 3 erros.	Superior a 3 erros.
3	Um máximo de 1 erro.	Entre 2 e 3 erros.	Superior a 3 erros.
4	Um máximo de 1 erro.	Entre 2 e 3 erros.	Superior a 3 erros.
5	Um máximo de 1 erro.	Entre 2 e 3 erros.	Superior a 3 erros.
6	0 erros.	Um máximo de 1 erro.	Superior a 1 erro.
7	Um máximo de 1 erro.	Entre 2 e 3 erros.	Superior a 3 erros.
8	Um máximo de 1 erro.	Entre 2 e 3 erros.	Superior a 3 erros.
9	Um máximo de 1 erro.	Entre 2 e 4 erros.	Superior a 4 erros.

Desejava-se também efectuar uma análise qualitativa da usabilidade. Para conseguir esse objectivo, elaborou-se um pequeno questionário que era entregue a cada utilizador após a realização de cada teste. Numa escala de 0 a 5, onde 0 representa muito difícil e 5 significa muito fácil, o participante respondia a um conjunto de questões múltiplas, tendo a possibilidade de comentar as suas escolhas e deixar sugestões. As 8 questões colocadas aos utilizadores depois de realizarem os testes eram as seguintes:

1. Classifique o *interface* do sistema *EasyVoice*?

2. Classifique o sistema de abreviaturas?
3. Classifique o sistema de *word completion*?
4. Classifique o sistema de arquivo de mensagens enviadas?
5. Classifique o disposição dos menus?
6. Classifique o disposição dos botões?
7. Classifique o sistema de configuração da aplicação?
8. Classifique o sistema de edição de abreviaturas?

A preparação deste questionário, elaborado para analisar a opinião subjectiva dos participantes nos testes de usabilidade ao *EasyVoice*, constituiu a última etapa do processo de planeamento destes estudos de usabilidade. Após a definição dos objectivos, a escolha da população, a elaboração das tarefas a incluir nos testes, e a criação de um questionário para efectuar uma análise da opinião dos participantes sobre o sistema, começou-se a realizar os testes de usabilidade como é descrito na próxima secção.

5.3 Realização dos testes

O desenvolvimento do *interface* do sistema *EasyVoice* levou sempre em consideração as necessidades, os desejos, e as limitações dos utilizadores. Mesmo antes da realização de um estudo formal da sua usabilidade, com a realização destes testes, estabeleceu-se vários contactos informais com portadores de deficiências na fala para obter as suas opiniões. Porém, o estudo formal sobre

a usabilidade desta aplicação apenas foi iniciado algum tempo depois do primeiro protótipo do sistema surgir. Após a conclusão da fase de preparação dos testes, descrita na secção anterior, realizou-se um teste piloto com o intuito de analisar se as tarefas e as questões preparadas permitiam obter as informações pretendidas, estavam completas, e eram bem interpretadas pelos utilizadores. Este teste foi realizado por colegas de laboratório que, embora não representassem o público alvo da aplicação, ajudaram a verificar se os materiais e procedimentos que seriam utilizados durante os testes de usabilidade se encontravam em condições. Em última análise este teste foi uma excelente oportunidade de praticar as actividades que foram posteriormente realizadas durante os testes de usabilidade [15].

Depois da realização do teste piloto e, conseqüentemente, da constatação que estava tudo em condições para os testes se iniciarem, contactou-se os participantes para marcar as datas de realização dos mesmos. Sabendo-se que era complicado conciliar os horários dos quatro participantes, devido a estes terem uma vida muito activa, acordou-se com eles que todos os testes seriam marcados com pelo menos uma semana de antecedência. Saliencia-se que todos os participantes sempre se mostraram disponíveis e nunca faltaram aos testes, mesmo quando tinham muitos afazeres profissionais. Sempre que marcavam uma hora apareciam, estando muito envolvidos neste projecto. Antes dos testes começarem, reuniu-se todos os participantes para salientar que os testes não tinham o propósito de os avaliar e que apenas visavam analisar a qualidade do *interface* da aplicação, servindo para melhorar a usabilidade do mesmo. Referiu-se ainda que caso se deparassem com alguma dificuldade a culpa não era deles — sendo culpa dos problemas de concepção

da própria aplicação — e que o objectivo do estudo era detectar esse tipo de problemas.

Durante a realização dos testes procurou-se utilizar a técnica que incita os participantes a pensarem em voz alta (*thinking aloud*). Este método é largamente utilizado em estudos de usabilidade, baseando-se na verbalização dos pensamentos dos participantes para entender como eles olham para o sistema, tornando mais fácil identificar os maiores problemas que encontram na utilização do *interface* [47]. Esta técnica não serve para recolher muitos dados quantitativos, apresentando a vantagem de proporcionar informações para uma boa análise qualitativa. Porém, como é frisado por Nielsen [47], uma das suas desvantagens prende-se com o facto da recolha de dados quantitativos (e.g. tempo de execução de uma tarefa) poder ser influenciada, visto que a necessidade de verbalizar pode tornar os utilizadores mais lentos. Aliás, é obvio que tenha essa influência porque os participantes têm a tarefa adicional de encontrarem palavras para descreverem o que estão fazendo, porque estão fazendo, e o que estão sentindo. Mas todos os métodos têm as suas vantagens e as suas desvantagens, sendo que considerou-se este o mais adequado para se obter um *feedback* mais imediato.

O leitor deve estar a interrogar-se como é possível portadores de problemas na fala verbalizarem os seus pensamentos. É verdade, geralmente existem pessoas que nem conseguem falar (sendo estas pessoas o público alvo preferencial do *EasyVoice*), mas esta população era composta por portadores de PC que, apesar das suas dificuldades na fala, podem ser compreendidos por quem tem um contacto diário com eles. As palavras que pronunciam não são entendidas apenas pelo som que transmitem mas, muitas vezes, também

pela observação dos movimentos da boca e pelo contexto da conversa. Enquanto portador de PC, com problemas na fala, saliento que estou habituado a entender outras pessoas com limitações na fala e que muitas vezes essas limitações transformam-se em barreiras quando as outras pessoas não fazem um esforço para tentar entender. Acredita-se que o sistema *EasyVoice* veio colmatar um dos grandes problemas dos portadores de PC com limitações na fala, visto que antes do seu desenvolvimento a comunicação à distância era muito complicada para estas pessoas. Uma pessoa poderia entender tudo o que um portador de PC com limitações na fala lhe transmitia quando estava na sua presença, através da articulação da boca e dos gestos, mas muitas vezes não entendia a voz do mesmo quando comunicavam ao telefone.

Depois deste breve esclarecimento, para explicar ao leitor porque utilizou-se o método de pensamento em voz alta durante os testes e como foi possível utilizá-lo, salienta-se que equipamentos, materiais, e tipos de *software* foram usados no decorrer do estudo. Em todas as sessões os participantes utilizaram computadores portáteis que continham o sistema operativo Windows XP *Home Edition*, o *Skype*, o sistema *EasyVoice*, e acesso à Internet para efectuarem as várias tarefas. Após a realização da lista de tarefas, cada participante respondia um questionário e era incentivado a deixar comentários e sugestões. Convém referir que, além do material informático e das folhas que continham os testes e os questionários, também foram utilizadas máquinas de filmar para registar os testes em suporte vídeo. Aliás, a hipótese de rever os testes trouxe a possibilidade de detectar certos pormenores que muitas vezes passavam despercebidos durante a realização do próprio teste.

Seguidamente, antes da análise geral dos resultados destes testes, o leitor

pode analisar a performance de cada um dos participantes e verificar de que forma as suas opiniões contribuíram para a melhoria do *interface*.

5.3.1 Caso de estudo do participante Pedro

Pode-se afirmar que cada participante contribuiu significativamente para a melhoria do sistema. Pedro, formado em informática, era o utilizador mais experiente do grupo, sendo à partida o utilizador mais tolerante a certos problemas de usabilidade do *interface* (como já foi salientado neste capítulo). Porém, a sua utilização do sistema *EasyVoice* permitiu a detecção de algumas falhas e contribuiu para o incremento de novas funcionalidades. Pode-se constatar, na tabela 5.4, que este utilizador realizou as tarefas número 1, 5, 6, e 8 em relativamente pouco tempo.

Tabela 5.4: Tempo gasto por Pedro na execução das tarefas número 1, 5, 6, e 8 em segundos.

	Tarefa	1	5	6	8
Teste 1	Versão <i>Beta 0.0.1</i>	45	45	30	150
Teste 2	Versão <i>Beta 0.0.2</i>	40	34	32	153
Teste 3	Versão <i>Beta 0.0.3</i>	32	38	39	134
Teste 4	Versão <i>Beta 0.0.4</i>	33	40	30	129
Teste 5	Versão <i>Beta 0.0.5</i>	30	39	31	130
Teste 6	Versão <i>Beta 0.0.6</i>	34	35	30	140
Teste 7	Versão <i>Beta 0.0.7</i>	33	37	31	143

Talvez devido a ter conhecimentos profundos na área de informática, ou porque teve a hipótese de trabalhar com a aplicação desde a sua fase embrionária, Pedro não deu muitos erros na realização das tarefas, concluindo-as de forma excelente relativamente a este critério como a tabela 5.5 mostra. Claro que só foram contabilizados os erros resultantes de problemas na concepção do *interface*.

Tabela 5.5: Número de erros detectados enquanto Pedro executava as tarefas.

Tarefa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Teste 1	0	0	1	0	1	0	1	0	1
Teste 2	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Teste 3	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Teste 4	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Teste 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Teste 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Teste 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Embora este participante não tivesse mostrado grandes dificuldades de interação com o *interface*, contribuiu para a melhoria da usabilidade desta aplicação. Em linhas gerais, as pequenas falhas detectadas prendiam-se com pequenos *bugs* e com algumas questões referentes ao desenho do *interface*.

Aliás, o desenho das primeiras versões do *EasyVoice* revelou ter demasiados botões e menus muito complexos. As principais diferenças entre a versão actual, cujo *interface* foi mostrado ao leitor através das figuras presentes no capítulo 4, e algumas dessas versões iniciais podem ser constatadas observando a figura 5.1. Comparando este desenho com o da versão actual (mais especificamente a figura 4.2), observa-se à primeira vista que possuía mais botões, as listas estavam dispostas de maneira diferente, e os varrimentos eram configurados através do sistema de menus. Na verdade, como salientou-se no capítulo 4, o painel de configuração que salva e mantém as definições que o utilizador deseja para o sistema, apenas foi desenvolvido após a realização dos primeiros testes de usabilidade. Realça-se, mais uma vez, que todos os testes foram realizados com as respectivas versões portuguesas da aplicação, que eram a tradução das versões inglesas que estão disponíveis para *download* na página *Web* da aplicação.

Um dos primeiros comentários deste participante foi que apenas deveria existir um botão para a realização da síntese e do envio da mensagem, evidenciando que os demais tornavam-se um empecilho durante uma conversação. Por exemplo, quando uma pessoa desejava enviar a mensagem pretendida rapidamente, poderia enganar-se e premir um dos outros botões. Esta constatação tinha lógica, visto que se estava a complicar demasiado o *interface* e o objectivo deveria ser simplificá-lo ao máximo [49].

Outro dos comentários, deixado num dos questionários que este participante respondeu após os testes, foi que cada uma das duas listas, que mostram as palavras sugeridas pelo sistema de *word completion* e as frases do sistema de arquivo de mensagens enviadas, apenas deveriam aparecer no ecrã quando

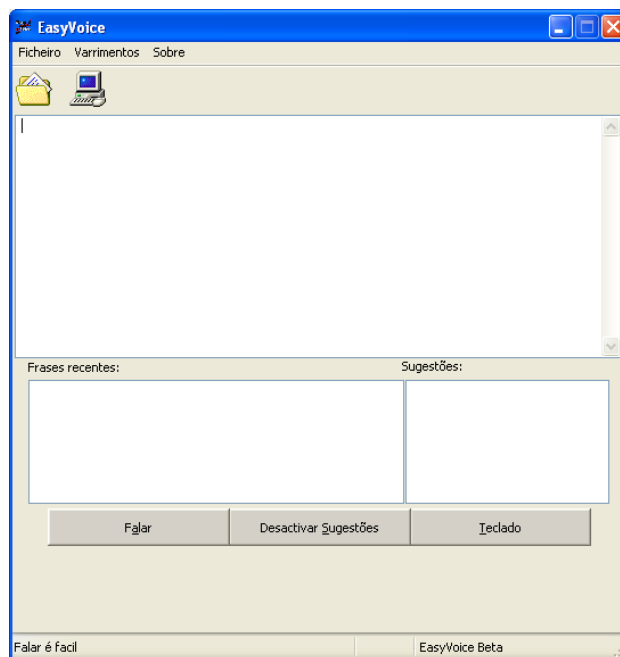


Figura 5.1: Imagem de ecrã de uma das primeiras versões do sistema *EasyVoice*.

essas características estivessem activadas. Salientando ainda que achava estes dois sistemas úteis para aumentar a velocidade de comunicação e diminuir as inevitáveis pausas na conversação.

Aliás, este participante também detectou que o sistema de arquivo de mensagens enviadas tinha um pequeno *bug*. O sistema foi desenhado para apenas adicionar à lista frases novas, ignorando todas as que fossem repetidas. Porém, quando este participante utilizou o sistema, detectou que quando reenviava uma mensagem arquivada a lista passava a incluí-la com se fosse uma nova entrada.

Além dos comentários deixados nos questionários, o participante classificou a usabilidade da aplicação, atribuindo valores numa escala de 0 a 5 às questões que pediam-lhe para classificar o *interface* e os vários componentes

que o compõem, como o leitor pode verificar na tabela A.1.

Em linhas gerais, olhando para todos os testes de usabilidade realizados por este participante, pode-se concluir que ele não apresentou grandes dificuldades na execução das tarefas. Na realidade, este utilizador já tinha tido contacto prévio com este sistema e este facto pode explicar os bons tempos na execução das tarefas desde o primeiro teste. Normalmente, como o leitor poderá constatar pelos estudos efectuados com os outros participantes, quando as pessoas trabalham pela primeira vez com o *EasyVoice*, levam mais tempo a executar as tarefas. Não tendo contacto prévio com o sistema, nem com o conceito por trás deste, as pessoas precisam de tempo para se ambientar e para entender o objectivo de cada uma das tarefas.

5.3.2 Caso de estudo do participante Rui

Rui, que tal como o participante anterior possui formação superior, nunca tinha utilizado o sistema *EasyVoice* previamente, levando mais tempo a concluir as tarefas na primeira sessão de testes. Considerou-se a necessidade de rever o desenho do primeiro *interface* da aplicação, visto que se assumiu que o tempo gasto por este utilizador para se ambientar ao sistema poderia evidenciar que se devia melhorar a intuitividade do *interface*. Porém, a demora na execução das tarefas poderia ser apenas provocada pelo tempo necessário à interpretação dos seus objectivos. Aliás, comparativamente com Pedro, este participante levou relativamente pouco mais tempo a realizar a tarefa 1 mesmo na primeira sessão, podendo significar que o objectivo desta tarefa foi mais rapidamente interpretado porque pedia para utilizar a aplicação como

um sistema TTS convencional. Na tabela 5.6 pode-se observar que, após o primeiro teste, o participante passou a executar as tarefas em menos tempo.

Tabela 5.6: Tempo gasto por Rui na execução das tarefas número 1, 5, 6, e 8 em segundos.

	Tarefa	1	5	6	8
Teste 1	Versão <i>Beta 0.0.1</i>	62	70	65	245
Teste 2	Versão <i>Beta 0.0.2</i>	50	40	45	215
Teste 3	Versão <i>Beta 0.0.3</i>	48	42	50	220
Teste 4	Versão <i>Beta 0.0.4</i>	51	45	40	200
Teste 5	Versão <i>Beta 0.0.5</i>	45	48	40	210
Teste 6	Versão <i>Beta 0.0.6</i>	40	50	43	220
Teste 7	Versão <i>Beta 0.0.7</i>	39	47	42	208

Salienta-se que este participante apenas utilizou o teclado do portátil durante o primeiro teste, tendo preferido levar o teclado do seu próprio computador para usar durante a realização dos restantes testes. Este facto, como é evidente, também teve influência nas performances, visto que escrever num teclado de tamanho normal torna o processo de escrita mais fácil porque as teclas têm maior dimensão que as existentes num teclado de um portátil. De uma maneira geral, pode-se afirmar que este utilizador não teve grandes dificuldades para executar as tarefas e interagir com o sistema *EasyVoice*. As poucas dificuldades que existiram foram detectadas através dos erros ocorri-

dos durante a execução das tarefas, que estão contabilizados na tabela 5.7, e do *feedback* deixado pelo participante nos questionários realizados após os testes.

Tabela 5.7: Número de erros detectados enquanto Rui executava as tarefas.

Tarefa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Teste 1	0	2	1	0	1	0	0	3	1
Teste 2	0	1	0	1	0	0	2	0	0
Teste 3	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Teste 4	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Teste 5	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Teste 6	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Teste 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Constatou-se novamente que a existência de múltiplos botões nas versões iniciais do sistema *EasyVoice* tornavam o *interface* pouco intuitivo e provocava alguns erros de usabilidade. Dentro deste contexto, o participante sugeriu uma ideia bastante interessante que, após ser implementada, melhorou a usabilidade desta aplicação. Ele salientou que a maioria dos programas de *chat* assume que quando um utilizador pressiona a tecla *Enter* a mensagem está concluída e envia-a de imediato, evitando que a pessoa perca tempo a posicionar o rato e a pressionar os botões para o efeito que estão presen-

tes nos *interfaces* das respectivas aplicações (e.g. *Skype*). A implementação desta estratégia tornou o processo de síntese e envio de mensagens, presente no *EasyVoice*, muito mais fácil e intuitivo.

O sistema de menus também revelou-se pouco intuitivo, obrigando o participante a um esforço adicional para encontrar as opções que pretendia. Desta forma, este sistema foi repensado para que ficasse mais simples de utilizar nas versões finais da aplicação. Durante este processo, também começou-se a colocar todas as opções de configuração, presentes no sistema de menus e nos botões, num painel de configuração mais completo e que, como foi abordado no capítulo 4, permite que as opções salvas mantenham-se quando a aplicação volta a ser iniciada.

Este participante comentou que achava o número de sugestões apresentadas pelo sistema de *word completion* muito limitado, sugerindo que o sistema deveria conter mais vocabulário. Note-se que ele fez este comentário quando utilizou pela primeira vez a aplicação e nesta primeira versão testada ainda não se tinha incluído um dicionário de frequências de palavras em português completo. Contudo, esta observação salientou a importância que este sistema de aceleração de escrita assume no sistema.

Além dos comentários obtidos através dos vários testes, este participante também classificou o *interface* e os seus componentes, respondendo às várias questões que eram colocadas após a realização de cada teste. O leitor pode analisar estes dados subjectivos na tabela A.2.

Antes de começar-se a abordar o caso de estudo relativo à participante Vera, convém salientar que todos os participantes neste estudo de usabilidade detectaram problemas comuns nas versões iniciais da aplicação. Esses

problemas prendiam-se essencialmente com a existência de múltiplos botões, como já foi possível observar-se ao longo deste capítulo, e com a organização do sistema de menus.

5.3.3 Caso de estudo da participante Vera

Vera, embora tenha uma vida activa, sofre de problemas de locomoção e estava dependente de terceiros para a transportarem até ao local dos testes, ficando também à espera que esse meio de transporte a fosse buscar para voltar ao seu local de trabalho ou para casa. Esta participante utilizava a tarefa 9 para ligar à pessoa que a transportava e dizer-lhe que já podia vir buscá-la. Este facto parece insignificante, uma vez que todos os participantes telefonavam para pessoas amigas a explicarem o que estavam a fazer e o que estavam a testar, mas revelou na realidade as potencialidades práticas do sistema, comprovando a sua utilidade em várias circunstâncias do quotidiano de um portador de deficiências. Devido a este facto, e apesar desta atitude ser inesperada, incentivou-se Vera a realizar essas chamadas assim que ela perguntou se podia ligar para a pessoa que a transportava. Como o leitor pode constatar na tabela 5.8, esta participante também concluiu as tarefas número 1, 5, 6, e 8 em relativamente pouco tempo.

Tabela 5.8: Tempo gasto por Vera na execução das tarefas número 1, 5, 6, e 8 em segundos.

	Tarefa	1	5	6	8
Teste 1	Versão <i>Beta 0.0.1</i>	55	62	70	220

Teste 2	Versão <i>Beta 0.0.2</i>	45	50	50	200
Teste 3	Versão <i>Beta 0.0.5</i>	40	40	40	190
Teste 4	Versão <i>Beta 0.0.7</i>	44	44	39	210

Salienta-se que esta participante apenas realizou quatro testes de usabilidade, visto que devido aos seus problemas de locomoção e aos seus afazeres profissionais não conseguiu ter disponibilidade para efectuar mais testes. A tabela 5.9 mostra o número de erros ocorridos na realização de cada uma das tarefas, revelando os possíveis problemas de usabilidade enfrentados por esta participante.

Tabela 5.9: Número de erros detectados enquanto Vera executava as tarefas.

Tarefa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Teste 1	0	3	1	0	2	0	1	3	2
Teste 2	0	1	2	1	0	0	0	0	0
Teste 3	0	0	1	0	0	0	1	1	2
Teste 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Detectou-se, mais uma vez, que a quantidade de botões presentes nas primeiras versões do *interface*, e a forma como os menus estavam dispostos

causavam muitos dos problemas de usabilidade. Aliás, desde que o desenho do *interface* foi revisto, notou-se que esta participante, tal como os demais, passou a cometer menos erros.

Surpreendentemente, Vera detectou um pequeno *bug* no sistema de abreviaturas que passou despercebido aos outros utilizadores. Sempre que uma abreviatura era seguida por uma vírgula, ou outro sinal de pontuação, o sistema não detectava que se tratava de uma palavra, ou frase, abreviada. Este pequeno erro de programação foi rapidamente solucionado. Convém referir que este sistema era muito utilizado por todos os participantes, ao longo das várias tarefas, com o objectivo de acelerar o processo de escrita.

Sempre que esta participante respondia aos questionários, efectuados após a realização dos testes, fazia comentários muito úteis e interessantes. Destaca-se o comentário efectuado, depois da realização do primeiro teste, quando pediu-se para classificar o sistema de edição de abreviaturas, onde Vera salientou que este processo devia ser simplificado. Quando um utilizador desejava inserir, alterar, ou remover uma abreviatura dispunha de várias opções para executar essas acções, mas na perspectiva dos utilizadores era confuso a existência de vários botões. Por exemplo, esta participante referiu que achava que não fazia sentido existirem dois botões para remover as abreviaturas do sistema (um que removia a primeira entrada na tabela e outro que removia as entradas seleccionadas pelo utilizador), apenas um botão deveria ser suficiente para remover qualquer entrada pretendida. Este comentário foi feito após Vera ter testado a primeira versão da aplicação, que ainda tinha um sistema de edição de abreviaturas embrionário, e contribuiu substancialmente para a melhoria desta funcionalidade nas versões subsequentes do

EasyVoice. Aliás, como se pode observar na tabela A.3, esta participante deu muita importância a esta falha de usabilidade na altura de classificar o sistema.

Em linhas gerais, pode-se afirmar que todos os participantes executaram as tarefas propostas sem consumirem muito tempo. Acredita-se que, apesar das várias falhas detectadas ao longo dos testes, este facto revela a facilidade de utilização e a intuitividade da aplicação. Todavia, como o leitor pode observar no caso de estudo relatado seguidamente, uma das participantes demorou mais tempo a efectuar as várias tarefas quando realizou o teste à primeira versão do sistema *EasyVoice*.

5.3.4 Caso de estudo da participante Maria

Os testes realizados com esta participante revelaram resultados interessantes, visto que Maria levou muito tempo a concluir as tarefas durante o primeiro teste. Esta diferença entre os resultados da primeira sessão de testes e as restantes, que pode ser observada nas tabelas 5.10 e 5.11, pode ter sido originada por diversos motivos. Em primeiro lugar, os resultados do primeiro teste podiam significar que o desenho do *interface* daquela versão da aplicação estava mal concebido e não era intuitivo. Porém, levando em consideração as performances dos outros participantes, considerou-se que este factor não seria a justificação para a discrepância dos resultados analisados. Em segundo lugar, estes resultados podiam-se dever ao facto de Maria ter realizado este teste numa sexta-feira, após sair do trabalho, e estar muito cansada para centrar a sua atenção nas tarefas. Aliás, acredita-se que foi

este o motivo que influenciou os resultados do teste desse dia. Convém frisar que esta participante só podia realizar os testes após terminar as tarefas do seu trabalho e sentia-se muito cansada às sextas, evitando marcar os testes nesse dia da semana. Devido à sua actividade profissional, e a questões que se prendiam com dificuldades de agenda, apenas foi possível realizar cinco testes de usabilidade, tendo o último teste servido para validar a versão do *EasyVoice* mais recente.

Tabela 5.10: Tempo gasto por Maria na execução das tarefas número 1, 5, 6, e 8 em segundos.

	Tarefa	1	5	6	8
Teste 1	Versão <i>Beta 0.0.1</i>	90	80	100	400
Teste 2	Versão <i>Beta 0.0.2</i>	55	67	65	300
Teste 3	Versão <i>Beta 0.0.5</i>	45	58	70	240
Teste 4	Versão <i>Beta 0.0.6</i>	48	70	55	230
Teste 5	Versão <i>Beta 0.0.7</i>	48	50	60	210

Salienta-se que, à semelhança de Rui, esta participante preferia ligar um teclado de um computador de secretária ao portátil para efectuar os testes. Maria estava habituada a trabalhar com computadores de secretária no seu local de trabalho e, após a realização do primeiro teste, disse que achava o teclado do portátil mais difícil de utilizar e preferia escrever em teclados menos compactos. Este facto também pode ter influenciado os resultados

do primeiro teste, afinal a participante não estava habituada a escrever num teclado compacto como o do portátil, mas acredita-se que o principal motivo para a discrepância destes em relação aos obtidos nos outros testes foi o cansaço.

Tabela 5.11: Número de erros detectados enquanto Maria executava as tarefas.

Tarefa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Teste 1	1	2	1	2	1	0	1	1	1
Teste 2	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Teste 3	0	0	1	0	0	0	1	1	0
Teste 4	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Teste 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

O cansaço de Maria na primeira sessão de testes acabou por revelar-se benéfico porque mostrou que influenciava a forma como esta interagiu com o *interface* da aplicação. Este facto podia colocar em causa a intuitividade do sistema, visto que um bom *interface* deve ser simples de utilizar em qualquer circunstância e não deve exigir que o utilizador recorra sempre ao manual para saber como executar determinada função. Desta forma, e com base nos testes realizados com os outros participantes, resolveu-se melhorar certos aspectos que dificultavam a interacção do utilizador com o sistema, nomeadamente na eliminação do excesso de botões, na reorganização do sis-

tema de menus, e na simplificação do sistema de configuração do *EasyVoice*. Na verdade, como o leitor observou na figura 5.1, o primeiro desenho da aplicação possuía três botões, com funções distintas, dispostos lado a lado. Esta disposição dos botões fazia com que os utilizadores pressionassem acidentalmente um botão errado, devido a tremores causados pela deficiência ou a pura distração. Isto era a representação de um mau desenho de *interfaces* [49], uma vez que dois dos botões tinham funções relativas à configuração do sistema e tornavam-se supérfluos na janela principal da aplicação. Assim, deixou-se apenas o botão que faz a síntese e o envio da mensagem e colocou-se duas *checkboxes* que permitem o controlo dessas funcionalidades no painel de configuração.

A primeira versão do sistema *EasyVoice* permitia que o utilizador alternasse entre o modo de envio da voz sintetizada através do *Skype* e modo de funcionamento semelhante a um TTS convencional, activando ou desactivando uma opção no sistema de menus. Contudo, observou-se que os participantes demoravam algum tempo para encontrar essa opção nos menus e incluiu-se essa opção numa *checkbox* localizada em cima do botão *Falar*. Aliás, antes de efectuar-se esta alteração, observou-se que Maria achava que esta opção devia estar mais acessível, possibilitando que a alternância entre os dois modos fosse quase imediata. Segundo ela, uma pessoa pode estar a efectuar uma chamada telefónica e, simultaneamente, ter pessoas ao seu lado. Assim, quando termina a conversação telefónica, deve estar apta a utilizar a aplicação como um TTS convencional o mais rapidamente possível.

Maria, tal como os demais participantes, classificou vários aspectos do *interface* da aplicação, numa escala de 0 a 5, respondendo a 8 questões que

eram-lhe colocadas depois de concluir os testes. Os resultados dessas respostas podem ser observados na tabela A.4.

Seguidamente, após ter analisado a performance de cada participante nas diversas sessões de teste, o leitor pode observar as opiniões dos receptores das chamadas telefónicas que interagiram com os utilizadores do sistema *EasyVoice*.

5.3.5 Entrevista aos receptores das chamadas telefónicas

Ao avaliar um sistema deste género é importante levar em consideração as opiniões subjectivas das pessoas que estão a dialogar com determinado utilizador. Em linhas gerais, pode-se encarar a pessoa que está do outro lado da linha como um utilizador passivo do sistema *EasyVoice* e considerar as opiniões desta para melhorar a usabilidade desta aplicação. No decurso das várias sessões laboratoriais os participantes interagiram com pessoas que se ofereceram para desempenhar o papel de receptores das chamadas telefónicas e, no âmbito do que lhes era pedido na tarefa 9, com amigos, colegas, ou outras pessoas conhecidas. Porém, considerando-se que era muito complicado entrevistar as pessoas com quem os participantes interagiam no âmbito dessa tarefa, foi decidido que as entrevistas seriam feitas aos dois voluntários que assumiram o papel de receptores das chamadas telefónicas ao longo das várias sessões laboratoriais. Embora a situação ideal fosse entrevistar todas as pessoas que interagiam com os nossos participantes, estas apresentavam alguma relutância quando eram questionadas sobre a possibilidades de responderem a um questionário formal acerca do sistema *EasyVoice*.

Dentro deste contexto, decidiu-se fazer as entrevistas aos dois voluntários que desde do primeiro momento contribuíram para que a realização deste estudo de usabilidade fosse possível. Assim, após a realização das várias sessões laboratoriais, responderam a um pequeno questionário que continha as seguintes perguntas:

- Qual a sua opinião sobre o sistema *EasyVoice*?
- Acha que este sistema cumpre o objectivo de facilitar a comunicação de pessoas com deficiências na fala?
- O que pensa da inevitável existência de tempos mortos na conversação?
- O que lhe agradou mais neste sistema?
- O que lhe desagradou mais neste sistema de comunicação?

Os dois voluntários, Miguel e Raul ¹, foram unânimes ao afirmar que gostaram imenso deste sistema, afirmando que ele veio alterar o panorama das comunicações à distância para pessoas com problemas na fala. Aliás, ao considerarem que os tempos mortos na conversação inerentes à utilização desta aplicação são um ponto fraco da mesma, defendem que é preferível essa espera do que as pessoas com limitações na fala não terem meios de comunicar por voz.

Miguel, habituado a sistemas de acessibilidade, salientou ainda que os tempos mortos são naturais até quando uma pessoa com deficiências na fala usa sistemas TTS convencionais para comunicar com as pessoas que partilham o mesmo espaço físico. Esta observação foi muito pertinente e a sua

¹Nomes fictícios para preservar a identidade destas pessoas

lógica é evidente, visto que os utilizadores de qualquer sistema TTS necessitam sempre de tempo para escrever o texto a sintetizar. Ele referiu ainda que as alternativas ao sistema *EasyVoice*, sistemas baseados na troca de mensagens de texto ou serviços de intermediação telefónica, são muito mais limitadas e impessoais.

Ambos os entrevistados, quando questionados sobre o que mais lhes agradava neste sistema, referiram que a ideia de poderem comunicar por voz em tempo real com pessoas que possuem problemas de fala mesmo que estejam distantes é a que acham mais importante. Raul comentou que este sistema permite aos utilizadores comunicarem com qualquer pessoa, independentemente do lugar onde esta esteja, sem que a mesma tenha de ter um telefone com capacidade de receber SMS ou haja intermediação de terceiros.

Em linhas gerais, pode-se dizer que apesar dos tempos de espera na conversação serem encarados como um factor desagradável, ou um ponto fraco da utilização deste sistema, os inquiridos defenderam firmemente que são um mal necessário. Contudo, Miguel sublinhou que a qualidade da voz sintetizada que escutou ao longo das sessões lhe desagradava. Segundo ele, além de não gostar do facto deste sintetizador de voz apresentar um sotaque brasileiro, existiam muitas palavras acentuadas que eram sintetizadas de forma incorrecta.

A crítica ao sintetizador de voz utilizado na realização dos testes de usabilidade tem lógica, mas esta falha não pode ser imputada ao sistema *EasyVoice* porque este permite a utilização de qualquer sintetizador de voz instalado que seja compatível com a SAPI da *Microsoft*. Esta crítica veio salientar a importância do sistema não ter sido desenvolvido com base num sintetizador

específico e permitir que os utilizadores usem qualquer sistema de síntese de voz que possuam. Deste modo, pode-se dizer que Miguel notou estas falhas na voz sintetizada porque não existiram possibilidades financeiras para a aquisição de uma licença de um sintetizador de voz de qualidade para o nosso idioma. Porém, Miguel ficou muito satisfeito quando teve oportunidade de ver o funcionamento do sistema *EasyVoice* com o sintetizador que vem instalado por defeito no sistema operativo Windows (aliás, ele manteve também um dialogo telefónico em inglês para observar a qualidade da voz sintetizada naquele idioma).

As entrevistas realizadas aos receptores das chamadas não revelaram falhas no sistema, servindo até para mostrar que estas pessoas acham que a existência desta aplicação vem facilitar a comunicação à distância a um conjunto de utilizadores com deficiências na fala. É um facto que os tempos de pausa existentes nas conversações são um mal necessário. De certo modo, todos os sistemas que convertem texto em discurso falado sofrem deste problema mas acredita-se que estas pausas possam ser atenuadas com mais um pouco de investigação nesta área e com os avanços dos sistemas de reconhecimento de voz. Aliás, um ponto interessante para investigação futura nesta área é o desenvolvimento de um sistema que cõnjugue a tecnologia de reconhecimento de voz com o próprio sistema *EasyVoice*. Essa aplicação poderá eliminar a necessidade de muitos utilizadores escreverem as mensagens que desejam transmitir ao reconhecer uma voz quase imperceptível, convertendo-a em texto, transformando esse texto em discurso falado, e injectando-o na chamada telefónica.

As entrevistas efectuadas serviram para clarificar a perspectiva dos utili-

zadores passivos deste sistema, não analisando apenas o ponto de vista das pessoas que utilizam a aplicação para colmatarem as suas dificuldades, visto que também se deve garantir a satisfação das pessoas que interagem com os utilizadores. Aliás, o leitor pode constatar esse facto ao reflectir sobre o que significaria para o sistema *EasyVoice*, e consequentemente para este conceito de comunicação, se as pessoas que interagem com quem tem limitações na fala não gostassem da ideia de falar com uma voz artificial. Após a descrição dos resultados obtidos através deste estudo laboratorial, e da opinião das pessoas que comunicaram com os participantes, é descrito um conjunto de relatos de outros utilizadores. Embora estes utilizadores não tenham participado no estudo formal, efectuaram o *download* da aplicação e enviaram espontaneamente mensagens dando as suas opiniões sobre o sistema.

5.3.6 *Feedback* de outros utilizadores

A realização de testes de usabilidade contribui para a resolução de muitas das falhas de usabilidade encontradas no *interface* de uma aplicação. Estes fornecem dados fundamentais para que a qualidade de determinado sistema seja aprimorada, permitindo que a maioria das falhas de usabilidade sejam detectadas e corrigidas. Embora muitas vezes estes testes sejam centrados em sessões laboratoriais, onde os avaliadores controlam que tarefas os participantes devem efectuar, convém salientar que estudos de campo, onde não existe um acompanhamento específico, contribuem para um melhor entendimento das falhas e das limitações de determinado *interface*.

Alguns melhoramentos efectuados ao sistema *EasyVoice* também foram

baseados nas experiências dos utilizadores que faziam *download* deste, escrevendo comentários a contar as suas experiências pessoais e a relatar alguns *bugs* encontrados. Salienta-se que este *feedback* de utilizadores que estavam fisicamente distantes contribuiu para uma melhor compreensão das potencialidades do sistema, além de permitir a resolução de algumas falhas que não seriam detectadas pela população que participou no estudo laboratorial.

A maioria das mensagens enviadas por esses utilizadores apresentam, como o leitor pode constatar no apêndice A (ver figuras A.1, A.2, e A.3), as limitações de cada utilizador e propõem melhoramentos ao sistema. Aliás, começa-se por salientar que muitos utilizadores escreveram para propor que o sistema fornecesse “vozes” dos vários géneros. Esta sugestão é muito comum porque os utilizadores têm a noção que o próprio sintetizador de voz é parte integrante do núcleo do sistema *EasyVoice*, não entendendo que o sistema foi concebido para funcionar com qualquer sintetizador de voz que seja compatível com a versão 5 da SAPI da *Microsoft* e que esteja instalado no computador. Salienta-se que os utilizadores podem substituir o sintetizador que vem pré-instalado nos sistemas operativos da *Microsoft* (sendo a voz *Microsoft Sam* a que vem por omissão no Windows XP) por qualquer outro que pretendam instalar.

Um aspecto muito importante da interacção com os utilizadores é recolher as suas opiniões para que este sistema seja melhorado ao máximo, mas nesta questão das diferentes vozes que podem ser utilizadas com o sistema *EasyVoice* procura-se explicar aos utilizadores as vantagens do sistema ter sido implementado desta maneira e indicar-lhes sintetizadores gratuitos que podem ser utilizados com este sistema. É um facto que o leitor pode argu-

mentar que esta questão não está directamente relacionada com a usabilidade desta aplicação, não podemos negar essa perspectiva, mas num sentido mais amplo pode-se argumentar que a satisfação dos utilizadores está dependente de informações que proporcionem uma melhor utilização do *software*.

A figura A.1 mostra que apesar desta pessoa não ter necessidade de utilizar este sistema, pelo menos para si própria, achou que era uma boa ferramenta para utilizar no seu trabalho. De forma semelhante, várias mensagens foram enviadas a relatar que este sistema veio abrir um mundo de potencialidades às pessoas que sofrem de deficiências. Contudo, os relatos mais importantes para este estudo são os que estão na primeira pessoa e os que sugerem algumas alterações ao sistema. A mensagem de Marlon é uma das que devem ser destacadas nesta secção da dissertação, visto que esta pessoa também tem paralisia cerebral e afirma que a utilização deste sistema vem-lhe resolver vários problemas. Contudo, como o leitor pode constatar na figura A.2, a sugestão principal deste utilizador é que o painel de configuração em futuras versões do sistema *EasyVoice* permita ao utilizador escolher a voz que deseja utilizar em determinado momento. Por outras palavras, um utilizador que tem vários sintetizadores de voz instalados no mesmo computador deveria ter a hipótese de seleccionar aquele que deseja utilizar, através do painel de configuração da própria aplicação, sem ter necessidade de o fazer utilizando o painel de controlo do próprio sistema operativo.

Esta ideia é interessante e foi analisada de duas maneiras distintas quando ponderou-se implementar essa funcionalidade. Por um lado, a possibilidade do sintetizador de voz poder ser escolhido dentro da própria aplicação parecia ser extremamente interessante e, à semelhança do que acontece com

aplicações que permitem a escolha entre diversos dispositivos de som, poderia torná-la mais completa. Por outro lado, na altura em que esta questão foi analisada, constatou-se que normalmente os utilizadores não alteram regularmente o sintetizador de voz que têm definido para o seu sistema e que, uma vez que a alteração pelo painel de controlo não é muito complexa, se devia centrar toda a atenção na melhoria das características de acessibilidade da aplicação. É um facto que a implementação desta ideia não iria requerer praticamente nenhum esforço, mas essa ideia ficou em aberto porque na época muitos outros utilizadores estavam a pedir melhorias significativas nas características de acessibilidade e, mais especificamente, nas funcionalidades inerentes ao teclado virtual.

Aliás, a versão *Beta 0.0.7* do *EasyVoice*, que saiu em Março de 2008, reflecte essa preocupação de melhorar a interacção dos utilizadores que necessitam utilizar o teclado virtual e todas as funcionalidades que lhe estão inerentes. Com esta versão, os utilizadores ganharam a liberdade de escolher entre três tipos de configuração possíveis para o teclado. As versões anteriores limitavam estes utilizadores ao uso de um teclado que estava ordenado alfabeticamente e um deles, James, usou o serviço de *chat* do *Skype* para transmitir que não gostava de utilizar aquela configuração de teclado. Assim, pensando no impacto que esta questão poderia estar a ter em pessoas com as mesmas limitações, decidiu-se adicionar este melhoramento e corrigir alguns *bugs* encontrados no sistema de varrimentos. Salienta-se a importância dada a todas as mensagens que relatavam falhas no teclado virtual, e no próprio sistema de varrimentos, pelo facto da população que participou no estudo formal não ter necessidade de utilizar estas funcionalidades.

Contudo, este facto não limita o desenvolvimento destes mecanismos de acessibilidade porque os utilizadores que têm acesso a esta aplicação, e necessitam dessas características, relatam os *bugs* e as dificuldades que encontram na utilização do sistema *EasyVoice*. Destaca-se que o último relato de um utilizador sobre uma falha no sistema de varrimentos foi recebido a poucos dias da entrega desta dissertação. Esta mensagem, que pode ser analisada na figura A.3, mostra novamente que um sistema nunca está 100% livre de falha de usabilidade e que existe sempre algo a ser melhorado. Acredita-se que, além desta falha, muitos mais aspectos poderão ser melhorados em futuras versões desta aplicação, sendo que também considera-se essencial estudar a possibilidade de incluir novas funcionalidades para complementarem as já existentes.

A ideia de gravar o conteúdo presente no sistema de arquivo de mensagens enviadas para utilização futura, sugerida pelo mesmo utilizador, é muito interessante e nunca tinha sido analisada nessa perspectiva. Achou-se desde o primeiro momento que um utilizador só iria precisar dessas mensagens durante uma determinada chamada telefónica, sendo que as mensagens deixariam de ser úteis depois da aplicação ser fechada. Isto tem lógica porque muitas frases só fazem sentido no contexto de uma determinada conversa e o conceito desta funcionalidade deixaria de ser eficiente se guardasse permanentemente frases com pouca probabilidade de voltarem a ser utilizadas. Porém, a sugestão deste utilizador mostra a importância da implementação de um sistema complementar que permita a predefinição de frases. Assim, consoante a configuração da aplicação, esta nova funcionalidade poderá incluir as frases que o utilizador definiu na lista de mensagens enviadas sempre

que o sistema *EasyVoice* é iniciado.

Embora a opinião destes utilizadores não advenha de testes efectuados em ambiente controlado, como aqueles que foram abordados nas sub-secções anteriores, constitui uma componente importante do processo de avaliação do sistema *EasyVoice*. O leitor teve oportunidade de constatar que seria impossível detectar as falhas de usabilidade no teclado virtual, e nas funcionalidades a ele associadas, nas várias sessões de teste porque os participantes seleccionados não necessitavam desses sistemas para interagirem com a aplicação. O *feedback* destes utilizadores, além de permitir a melhoria de vários aspectos do próprio *interface*, mostra que este sistema é utilizado por várias pessoas para colmatar os seus problemas de comunicação.

Seguidamente, sem menosprezar as opiniões obtidas através das entrevistas efectuadas aos receptores das chamadas e das mensagens recebidas de utilizadores externos à população que participou no estudo, efectua-se uma análise geral dos dados recolhidos ao longo das diversas sessões laboratoriais e analisa-se o impacto desses dados quantitativos e qualitativos no processo de desenvolvimento do sistema *EasyVoice*. Reforça-se a ideia que estes estudos de usabilidade, tal com as opiniões e sugestões dos utilizadores, desempenharam um papel de relevo para se detectar as necessidades, desejos, e limitações dos mesmos.

5.3.7 Análise dos resultados

Os testes de usabilidade contribuíram, indubitavelmente, para o desenvolvimento deste sistema, visto que decidiu-se efectuar uma implementação ite-

rativa da aplicação baseada no *feedback* do utilizadores. Pode-se afirmar que alguns dos problemas de usabilidade, detectados pelos quatro participantes ao longo dos testes, poderiam não ser detectados sem a contribuição destes. A base desta análise está nos dados quantitativos e qualitativos que foram recolhidos ao longo das diversas sessões laboratoriais, mas outra componente importante para esta análise assenta nas opiniões de utilizadores que fizeram *download* do sistema e enviaram os seus comentários espontaneamente.

Como o leitor constatou ao longo desta secção, o estudo dos problemas de usabilidade deste sistema baseou-se na análise quantitativa do número de erros cometidos na execução de cada uma das tarefas e nos tempos de execução de algumas delas. Contudo, ao utilizar-se a técnica que incita os participantes a pensarem em voz alta, conseguiu-se compreender o que provocava os erros de usabilidade cometidos por estes e encontrar possíveis soluções para colmatar esses problemas de usabilidade. Os questionários efectuados após cada sessão de testes contribuíram, também, para a obtenção de mais opiniões subjectivas que expressavam a perspectiva dos participantes sobre o que poderia ser alterado para melhorar a aplicação. Em apêndice, considerando que apenas quatro versões do sistema *EasyVoice* foram testadas por todos os participantes, o leitor pode analisar as tabelas que contêm as classificações subjectivas dadas pelos participantes a vários aspectos do *interface* da aplicação.

Em linhas gerais, também se observou que a maioria dos erros detectados durante a utilização do *software* resultaram do excesso — assim como de uma disposição errada — de botões e de uma má organização do sistema de menus. Estes factores tornavam o *interface* um pouco complexo para os utilizadores,

dificultando a interacção destes com o sistema. Desta forma, o desenho da aplicação foi repensado de forma a colmatar estas falhas e a tornar-se mais intuitivo. Além da reestruturação do sistema de menus, implementou-se a possibilidade da pessoa enviar a mensagem com a simples pressão da tecla *Enter*. Assim, tal como num programa de *chat*, quem deseja utilizar apenas o teclado pode fazê-lo facilmente, deixando de ter a necessidade de utilizar o rato para pressionar o botão *Falar*. Esta funcionalidade é extremamente útil para pessoas que devido à sua deficiência sofrem de tremores ou possuem movimentos involuntários que dificultam a utilização do rato.

Os participantes neste estudo de usabilidade também detectaram pequenos *bugs*, no sistema de abreviaturas e no sistema de arquivo de mensagens enviadas, que foram prontamente resolvidos. Contudo, e curiosamente, apenas a participante Vera frisou outro problema de usabilidade que era muito relevante, nomeadamente a complexidade do sistema de edição de abreviaturas.

De uma maneira geral, todas as dificuldades de interacção detectadas durante a realização dos testes foram solucionadas e contribuíram para a melhoria da qualidade do *interface*. Aliás, pode-se afirmar que os testes serviram de base a muitas das opções tomadas durante o processo de desenvolvimento do sistema *EasyVoice* e que o desenho do *interface* da versão actual desta aplicação é centrado nas necessidades dos utilizadores. Idealmente, apesar de um pequeno grupo de participantes nos testes ser capaz de encontrar a maioria dos problemas de usabilidade [15, 48], a população do estudo deveria ser maior para reduzir-se ao mínimo a probabilidade de alguma falha no sistema não ser detectada. Mas como já foi referido, apenas se teve acesso a estes

quatro voluntários para a realização dos testes laboratoriais e não se dispunha de meios financeiros — como acontece com grandes empresas de *software* — para contratar um vasto grupo de pessoas que testasse a aplicação. Contudo, considerando que o estudo de usabilidade de uma aplicação vai muito além da análise dos dados recolhidos nos testes laboratoriais, pode-se afirmar que se acabou por reduzir a probabilidade de alguma falha de usabilidade não ser detectada ao recolher, estudar, e analisar as opiniões subjectivas de alguns utilizadores que não pertenciam à população que participou no estudo formal.

Assim, levando em consideração os meios disponíveis, a fase inicial do processo de desenvolvimento deste sistema — que culminou na versão *Beta 0.0.7* — apenas foi considerada concluída quando os quatro participantes no estudo laboratorial deixaram de cometer erros provocados por problemas de usabilidade. Entretanto, salienta-se que o facto dos participantes não terem cometido erros provocados por problemas de usabilidade, quando testaram a última versão do sistema *EasyVoice*, não significa que eles não existam. Pode, contudo, significar que os utilizadores já estavam tão habituados ao *interface* do sistema que já não tinham dificuldades em utilizá-lo. Este problema está inerente à utilização de uma população reduzida no estudo de usabilidade, visto que ao longo das várias sessões os utilizadores podem criar formas de contornar as falhas de usabilidade. Esse facto notou-se quando os participantes neste estudo enraizaram alguns hábitos e criaram resistência à adopção de funcionalidades que foram inseridas posteriormente para facilitar a utilização deste sistema.

Uma dessas reacções foi constatada quando, seguindo uma sugestão do

Rui, implementou-se a estratégia da aplicação sintetizar e enviar a mensagem sempre que a tecla *Enter* é pressionada. Embora esta funcionalidade tenha tornado o sistema mais intuitivo, Maria continuou a utilizar o rato para pressionar o botão que desempenha essa função e sempre que era questionada sobre esta preferência dizia que se tinha esquecido da nova funcionalidade. Esta “resistência” à mudança traduz a habituação desta participante aquele método específico de realizar esta acção, o que a tornou menos propensa à aprendizagem de outras formas de a realizar. Aliás, esta relutância de Maria em adoptar o novo método, aquele que se considera mais simples e intuitivo, pode ser comparada à relutância dos seres humanos em substituírem *standards* pré-estabelecidos por outros mais eficientes (e.g. a tradicional configuração QWERTY presente na maioria dos teclados). Salienta-se que, talvez influenciada pela pergunta de utilizar uma ou outra forma de executar aquela acção, esta participante começava por utilizar a tecla *Enter* para sintetizar e enviar a mensagem pretendida durante breves momentos, passando a utilizar a outra forma de interacção que lhe era mais familiar quase de imediato.

O leitor pode pensar que o facto descrito anteriormente pode revelar que a aprendizagem do novo método era complicada, mas isto pode ser rebatido ao se constatar que todos os outros participantes nos testes adoptaram este sistema de imediato. Outra ideia errónea que poderá ser tirada é que esta participante pode ser resistente a novidades, visto que ela adaptou-se bem às alterações profundas que foram realizadas no *interface* para melhorar muitos aspectos confusos que estavam presentes nas versões iniciais do sistema *EasyVoice*. A questão fundamental a reter desta “resistência” é que, a semelhança do que nos acontece em várias situações do quotidiano, só existe uma

predisposição para alterar velhos hábitos quando se constata que uma nova forma de desempenhar a mesma função é mais vantajosa. Claro que, como em tudo na vida, cada pessoa tem uma opinião subjectiva sobre as vantagens e as desvantagens de determinada funcionalidade relativamente a outra.

Todos os quatro participantes nos testes de usabilidade criaram hábitos, ou estratégias de utilização, que eram facilmente constatados ao longo das diversas sessões laboratoriais e contribuíam para que utilizassem a aplicação de uma forma mais eficiente. Em linhas gerais, embora todos os participantes recorressem ao sistema de abreviaturas para aumentar a sua velocidade de escrita, salienta-se que a participante Vera fazia da utilização deste método de aceleração de escrita uma arte. Assim, sempre que não lhe era pedido explicitamente para usar outros métodos de aceleração de escrita, ela preferia utilizar as abreviaturas, que havia predefinido no sistema, para comunicar mais rapidamente com a pessoa que estava do outro lado da linha. Este hábito revelou-se desvantajoso quando o sistema foi desinstalado da máquina em que os testes eram efectuados e, sem se efectuar a reposição do ficheiro que continha as palavras abreviadas que ela havia definido, foi reinstalado para a realização de novos testes. Pode-se afirmar que, apesar deste facto não ter tido impacto nos resultados quantitativos do teste, a participante revelou que sentia que o sistema havia ficado incompleto e perguntou se podia redefinir as abreviaturas.

Na realidade, a reinstalação do sistema também foi para testar até que ponto esta utilizadora estava dependente do sistema de abreviaturas e, consequentemente, das palavras abreviadas que havia definido ao longo das várias sessões, existindo mesmo uma copia do ficheiro que as continha e que foi

reposta no sistema após a realização deste teste. Salienta-se que esta estratégia foi utilizada com todos os participantes para avaliar até que ponto estavam, ou não, dependentes deste método de aceleração de escrita. Surpreendentemente, embora todos estivessem habituados a utilizar este sistema para abreviar as palavras que utilizavam com mais frequência, nenhum sentiu a lacuna deixada pela eliminação desses dados como a Vera. Os outros participantes no estudo tentaram suprir a falta de abreviaturas no sistema recorrendo a uma utilização mais intensiva das palavras sugeridas pelo sistema de *word completion*.

É interessante salientar que o participante Rui utilizava preferencialmente as sugestões do sistema de *word completion*, não tendo sentido falta de nenhuma abreviatura que tivesse sido definida previamente por si. Aliás, ele sempre que realizava a tarefa 3 utilizava frases que lhe permitiam usar as abreviaturas definidas por defeito no sistema. Pode-se dizer que este hábito de preferir utilizar as palavras sugeridas pelo sistema de *word completion*, em detrimento do sistema de abreviações, pode ser vantajoso para este utilizador porque sempre que instalar o sistema num computador diferente estará menos dependente do que os demais utilizadores de possuir um ficheiro de *backup* com as abreviaturas.

Contudo, pode-se referir que de uma maneira geral todos os participantes habituaram-se a utilizar todos os métodos de aceleração de escrita presentes no sistema *EasyVoice*. A preferência pelo uso de um método em detrimento dos outros, como foi salientado acima, não implica que os outros métodos sejam menos eficientes ou eficazes, sendo apenas uma questão de gosto pessoal. Salienta-se que o sistema de arquivo de mensagens enviadas, desenvolvido es-

pecificamente para facilitar a conversação telefónica, foi largamente adoptado pelos utilizadores.

A forma como os participantes interagiam com as diferentes características presentes no sistema *EasyVoice* contribuiu para a compreensão e a correcção das principais falhas de usabilidade do mesmo. Constatou-se que os participantes tiveram mais dificuldade em interagir com as versões iniciais desta aplicação, sendo que se notava uma dificuldade maior na aprendizagem das funcionalidades presentes nas mesmas. Estas dificuldades resultavam de um excesso — assim como de uma disposição errada — de botões e de uma má organização do sistema de menus do *interface*. Aliás, este facto é comprovado com a rápida adaptação de todos os participantes às profundas alterações ocorridas e que visaram a correcção desses dois aspectos.

A análise à usabilidade do sistema *EasyVoice* baseou-se muito na forma como os participantes no estudo interagiam com este, mas estaria incompleta se não levasse em consideração a perspectiva dos receptores das chamadas, visto que estes podem ser considerados utilizadores passivos do sistema. É importante garantir que estas pessoas não se sintam insatisfeitas com esta forma de comunicarem com as pessoas que sofrem de problemas na fala, sendo que um dos principais factores dessa insatisfação poderia ser a inevitável existência de tempos mortos na conversação. Porém, as entrevistas descritas na secção 5.3.5 revelaram que as pessoas que estão do outro lado da linha telefónica encaram essas pausas na conversação como um mal necessário e argumentam que este problema também está inerente a qualquer sistema TTS convencional. Assim, considerando que as mesmas pausas na conversação já existiam quando os seus intervenientes partilhavam o mesmo espaço físico,

este problema não deve ser encarado como uma grave desvantagem do sistema *EasyVoice*.

As entrevistas aos receptores das chamadas também provaram que a qualidade do som gerado pelo sintetizador de voz tem importância, visto que um dos entrevistados referiu o facto da voz utilizada nos testes não lhe agradar muito. Este comentário vem evidenciar a importância do sistema *EasyVoice* ter sido concebido para permitir que o utilizador possa utilizar qualquer sintetizador de voz compatível com a SAPI da *Microsoft*. Aliás, a instalação de um sintetizador de voz com pior qualidade no sistema operativo em que os testes foram realizados, por motivos de ordem económica, acabou por mostrar a vantagem deste sistema não ter sido desenvolvido com base num sintetizador de voz específico.

Em linhas gerais, os testes laboratoriais e as opiniões subjectivas de todos os intervenientes nestes permitiram detectar e corrigir as principais falhas de usabilidade do sistema *EasyVoice*. Contudo, o *feedback* de utilizadores externos ao estudo formal também contribuiu para a melhoria de muitas funcionalidades desta aplicação e a diversificação das opções. Destaca-se que algumas características de acessibilidade, como o teclado virtual e o sistema de varrimentos, não eram testadas pelos quatro participantes nas sessões laboratoriais e que a opinião de utilizadores que têm a necessidade de as utilizar, especialmente a do James, contribuiu para se detectar e solucionar falhas de usabilidade e pequenos *bugs*.

Em última análise, constata-se que este contacto com os utilizadores do sistema *EasyVoice*, dentro ou fora de um ambiente controlado, foi uma ferramenta fundamental à sua implementação e contribuiu para a facilidade de

utilização da sua última versão. Note-se que ao se adoptar um processo iterativo de desenvolvimento, aplicando uma filosofia de concepção de *interfaces* centrada nos utilizadores, foram detectados e corrigidos vários problemas que dificultavam a interacção entre o utilizador e a aplicação, sem falar dos pequenos *bugs* que de outra maneira poderiam passar despercebidos.

5.4 Sumário

Este capítulo, que pode ser encarado como um complemento do capítulo anterior, começou por descrever a fase de preparação e planeamento dos testes de usabilidade ao sistema *EasyVoice*. Desta maneira, mostrou-se o que se desejava aprender sobre a usabilidade do sistema, descrevendo os objectivos que foram estabelecidos para a realização dos testes. Estabeleceu-se que a finalidade destes testes era analisar a simplicidade do processo de escrita e envio de mensagens, a intuitividade das características de auxílio de escrita, a simplicidade de navegação no sistema de menus, a facilidade de utilização do sistema de edição das abreviaturas, e que características do sistema *EasyVoice* são utilizadas numa situação real.

Dentro deste contexto, referiu-se que o processo de escolha do grupo de utilizadores que participaram nos testes realizados em ambiente controlado levou em consideração que estes deviam representar o público alvo desta aplicação. Assim, os participantes nos testes foram escolhidos entre portadores de deficiências na fala. Porém, devido à dificuldade de ordem logística e de ordem burocrática para angariar um vasto número de voluntários, apenas foi possível a participação de quatro portadores de PC com problemas na

fala.

Concluiu-se a descrição da fase de preparação dos testes, mostrando como foram elaboradas e seleccionadas as nove tarefas incluídas nos testes e explicando o objectivo de cada uma delas. Este capítulo também mostrou os critérios definidos para a análise quantitativa da usabilidade deste sistema. Para além disso, o leitor teve a oportunidade de tomar conhecimento das perguntas que constavam nos questionários realizados aos participantes após a conclusão de cada um dos testes. As respostas a estas questões, e os comentários deixados pelos utilizadores, constituíram uma base para a análise qualitativa da usabilidade da aplicação.

A fase de preparação e planeamento dos testes desempenhou um papel importante no processo de desenvolvimento do próprio sistema *EasyVoice*, visto que todos os resultados obtidos posteriormente dependeram de uma boa definição do que se desejava aprender sobre a usabilidade do sistema desde a sua fase inicial de desenvolvimento. Este papel foi ainda mais preponderante porque todo o processo de desenvolvimento desta aplicação seguiu o modelo iterativo de implementação e cada uma dessas iterações levou em linha de conta as necessidades, os desejos, e as limitações do público alvo. Os dados recolhidos nas sessões de teste, e mais especificamente uma percepção razoável da natureza dos problemas encontrados adquirida através do método de pensamento em voz alta [47], conduziram muitas vezes a alterações no *interface* da aplicação. Essas alterações visaram simplificar a utilização do sistema *EasyVoice* ao máximo, deixando apenas os elementos essenciais visíveis e eliminando todos os supérfluos. Relembra-se o leitor que apesar do *interface* das versões iniciais deste sistema parecer fácil de utilizar

tornava-se complexo, visto que possuía um excesso e uma má disposição de botões, um sistema de menus complexo, e os sistemas de *word completion* e arquivo de mensagens enviadas tornavam-se um factor de distração porque as listas continuavam a aparecer no *interface* mesmo quando estes sistemas não estavam activos.

Estas falhas de usabilidade foram detectadas pelos participantes nos testes e comprovaram que o aspecto fácil de um *interface* não significa necessariamente que este seja fácil de utilizar [49], mostrando que desenhar algo simples pode ser uma tarefa complicada. Aliás, a experiência adquirida durante o processo de desenho e desenvolvimento do sistema *EasyVoice* veio reforçar a ideia que a melhor forma de se conceber um *interface* com uma boa usabilidade é conhecer, entender, e trabalhar com as pessoas que o irão utilizar [15]. Embora a nível teórico possam surgir outros problemas de usabilidade sempre que se efectua uma alteração ao desenho de um *interface* para resolver um determinado problema e o próprio possa continuar a persistir [47], todas as alterações efectuadas ao *interface* do *EasyVoice* simplificaram a interacção dos utilizadores com o mesmo e não se detectou que tivessem originado novos problemas de usabilidade. É uma realidade que o *feedback* enviado recentemente por um utilizador externo ao estudo formal, que pode ser visto na figura A.3 do apêndice, revela um problema no sistema de varrimentos que não existia antes das alterações efectuadas para melhorar a usabilidade do teclado virtual, mas mesmo que se estabeleça uma relação causa/efeito pode-se afirmar que foi o único problema de usabilidade detectado que deriva de uma alteração ao *interface* da aplicação.

Este capítulo mostrou que os dados recolhidos nas sessões de teste, e

principalmente as opiniões subjectivas dos utilizadores sobre os problemas de usabilidade desta aplicação, tiveram um grande impacto no desenho final do *interface* da mesma. Em linhas gerais, a realização deste estudo durante toda a fase de desenho e desenvolvimento do sistema *EasyVoice* proporcionou:

- A simplificação do desenho do seu *interface* através da eliminação dos elementos supérfluos. Todas as funcionalidades relacionadas com a configuração dos sistema passaram a estar localizadas no painel de configuração, evitando o excesso de botões e a má organização do sistema de menus na janela principal da aplicação. O desenho do sistema de edição de abreviaturas também foi simplificado porque a quantidade de botões nele existentes tornavam-no confuso para os utilizadores.
- A adaptação do seu *layout* às necessidades individuais de cada utilizador, visto que apenas são apresentadas as características que determinado utilizador está realmente a usar. Qualquer funcionalidade que o utilizador desactive deixará de aparecer na janela principal da aplicação para evitar as possíveis distrações que esse componente poderia causar se ficasse visível. Por exemplo, se um utilizador usa o sistema sem nenhuma característica de acessibilidade activa, o *interface* apenas apresenta os elementos essenciais ao tipo de utilização pretendido (ver figura 4.2).
- A rápida detecção de falhas de usabilidade e pequenos *bugs* de programação, permitindo que estes problemas fossem corrigidos na iteração seguinte do processo de implementação.

- A implementação de ideias sugeridas pelos utilizadores que tornaram a aplicação mais flexível e fácil de usar.

A avaliação das várias versões desta aplicação permitiu analisar que elementos presentes no desenho do *interface* eram supérfluos, constituindo um factor de distração para os utilizadores e tornando a usabilidade do sistema pior. Esses elementos muitas vezes eram essenciais ao bom funcionamento deste sistema que pretende ser acessível a todas as pessoas com deficiências na fala, incluindo as que possuem graves limitações físicas, mas constatou-se que apenas deveriam aparecer ao utilizador quando este pretendia usar determinada funcionalidade. Embora aparentemente a existência de um botão para activar o teclado virtual, e a possibilidade de configurar o sistema de varrimentos deste através do sistema de menus, na janela principal da aplicação não complicasse o desenho do *interface*, constatou-se que na prática constituíam um factor de distração e confusão para os utilizadores. Desta forma, todos os elementos relacionados com a configuração das várias funcionalidade do sistema foram colocados num painel de configuração, possibilitando que os utilizadores apenas tenham acesso a essas funcionalidades quando realmente necessitam.

Os testes de usabilidade contribuíram para a aquisição de um conhecimento mais aprofundado das necessidades dos utilizadores, bem como da forma como estes interagem com o *interface*, permitindo a implementação de melhores mecanismos de interacção entre os utilizadores e o sistema *Easy-Voice*. Salienta-se que a avaliação da usabilidade deste sistema foi feita levando em consideração que este sistema é uma tecnologia de acessibilidade

e que se deve garantir tanto quanto possível que os utilizadores usem o seu *interface* com eficácia, eficiência e satisfação, prestando atenção para toda a diversidade de capacidades do universo de utilizadores a que este se destina. Dentro deste contexto, pode-se definir acessibilidade como a usabilidade de um produto, serviço, ambiente, ou qualquer outro meio por pessoas com uma grande variedade de capacidades.

De seguida, irá realizar-se um sumário geral do conteúdo desta dissertação, salientando o impacto que este trabalho tem no estado da arte, e delineando os principais aspectos a serem explorados em trabalhos futuros.

Capítulo 6

Conclusões e trabalho futuro

Este capítulo faz um sumário geral de todo o trabalho de investigação que esteve na génese desta dissertação, mostrando como o estado do conhecimento na área das acessibilidades foi alterado pelo mesmo, e aborda algumas temáticas que poderão ser exploradas em futuras investigações para dar continuidade ao presente trabalho.

6.1 Conclusões

O estudo que serviu de base à escrita desta dissertação centrou-se na análise e no desenvolvimento de tecnologias que promovem a integração dos portadores de deficiências na sociedade. Esta análise provou que, dentro do contexto sócio-económico do nosso país, a instituição particular de solidariedade social, na qual realizou-se um estudo prático sobre as tecnologias utilizadas pelos seus utentes, encontra-se relativamente bem apetrechada ao nível das tecnologias de acessibilidade. Aliás, evidenciou que esta instituição dispõe

de quase todas as tecnologias abordadas no capítulo 2 e, conseqüentemente, pode-se afirmar que está equipada com os mais recentes sistemas de acessibilidade disponíveis no mercado. Mostrou também que a dedicação dos funcionários aos utentes, nomeadamente ao tentarem encontrar alternativas para colmatar as limitações apresentadas pelos últimos, é um factor essencial para garantir que estes tenham a possibilidade de integrar-se mais facilmente no ambiente que os rodeia.

Dentro deste contexto, e antes duma reflexão sobre as semelhanças entre o método educacional usado nesta instituição e a teoria construcionista de Papert [53, 54], constata-se que este trabalho também evidenciou a importância da adaptação de tecnologias criadas para outros fins às necessidades específicas dos portadores de deficiências. Adaptar periféricos convencionais, como ratos, às necessidades de pessoas com limitações motoras para substituir parcialmente dispositivos de acessibilidade comercializados a preços elevados, como *switches*, é a solução encontrada por muitos pais, e profissionais, para colmatar as limitações de muitos portadores de deficiências. Esta dissertação defende que este tipo de prática, que utiliza os meios existentes para atenuar as limitações de muitas pessoas, é fundamental para a melhoria da qualidade de vida e para a promoção da independência de muitos portadores de deficiências, mais especificamente aqueles que são oriundos de famílias com pouco poder económico.

Encontradas algumas semelhanças entre a teoria construcionista e o ambiente de aprendizagem adoptado pelos educadores da APPC, como foi salientado no capítulo 3 desta dissertação, evidenciou-se o impacto que esta filosofia de aprendizagem teve no percurso académico de um jovem portador

de PC. Na realidade, o estudo estabeleceu uma comparação entre este caso e outro que foi relatado num trabalho de doutoramento desenvolvido no MIT por José Armando Valente [67], sobre a criação de ambientes de aprendizagem baseados na utilização de computadores. A presente dissertação defende que as tecnologias construcionistas — criadas com o intuito de enriquecer ambientes de aprendizagem — podem ser utilizadas fora do contexto da educação, possibilitando a criação de ferramentas de auxílio para pessoas portadoras de deficiência. Aliás, dentro deste contexto, fez-se referência a um sistema integrado de auxílio a portadores de deficiências, desenvolvido por dois alunos da Universidade do Algarve, que utiliza uma tecnologia construcionista, nomeadamente a placa *GoGo Board*, para permitir que um portador de limitações motoras consiga controlar um ambiente de um quarto, e até comunicar com as pessoas que o rodeiam se possuir problemas na fala, pressionando um simples *switch*.

De uma maneira geral, esta dissertação realça a ideia que muitas tecnologias existentes podem ser adaptadas, ou repensadas, de forma a serem utilizadas para colmatar as limitações dos portadores de deficiências. Além das tecnologias construcionistas, abordadas no capítulo 3, existe uma infinidade de sistemas que podem desempenhar funções diferentes daquela para que foram originalmente criados. Aliás, como referiu-se neste trabalho, isto aplica-se a outras áreas científicas e não apenas à área que estuda as acessibilidades, levando em consideração que a própria *World Wide Web* surgiu da junção de tecnologias já existentes [2] e foi uma das maiores inovações na área das ciências da computação.

Do trabalho que serviu de base a esta dissertação, com o intuito de colma-

tar uma limitação dos portadores de problemas na fala, surgiu uma aplicação inovadora que tornou possível que estas pessoas possam realizar chamadas telefônicas usando uma voz sintetizada. Esta aplicação foi concebida através da junção de várias tecnologias existentes, nomeadamente sistemas de síntese de voz, voz sobre IP, e métodos de interacção com o computador para portadores de limitações motoras. Desta maneira, pode-se afirmar que, para solucionar um problema prático de muitas pessoas, recorreu-se ao conceito de olhar para as tecnologias já existentes e, através de um trabalho de engenharia, juntá-las para criar uma nova tecnologia. Esta aplicação, denominada de *EasyVoice*, foi desenvolvida com base em diversos conhecimentos teóricos nas diferentes áreas abordadas no capítulo 2, mas também com base nos conhecimentos práticos adquiridos do contacto com a realidade vivida dentro da APPC.

A ênfase deste trabalho, e consequentemente desta dissertação, assenta no desenvolvimento do sistema *EasyVoice*, mostrando o impacto que esta aplicação assumiu na qualidade de vida dos portadores de deficiências na fala que possuam, ou não, limitações motoras. Até ao desenvolvimento deste sistema essas pessoas encontravam-se limitadas pelas barreiras físicas, visto que apenas podiam utilizar as tecnologias de acessibilidade (e.g. sistemas TTS) para comunicarem com quem estava na sua presença. O *EasyVoice* veio transformar essa situação ao possibilitar que pessoas com problemas na fala comuniquem mais facilmente com quem está distante, possibilitando uma melhor integração destas pessoas na sociedade. Hoje, naquela que muitos chamam de sociedade da informação, é fundamental dotar as pessoas portadoras de deficiências com meios que facilitem a sua interacção com os

outros. Todas as pessoas, que usam telemóveis e telefones fixos diariamente, sabem a importância que as comunicações à distância assumem nas suas vidas pessoais e actividades profissionais. O sistema *EasyVoice* veio possibilitar que pessoas com problemas na fala tenham também a oportunidade de aceder a esse tipo de comunicação. Aliás, como foi salientado no capítulo 5, convém salientar que muitos dos portadores de deficiências na fala podem ser compreendidos pelas pessoas que convivem diariamente com eles através dos movimentos da boca ou pelo contexto da conversa. Porém, essas mesmas pessoas podem ter muita dificuldade em entendê-los quando estão numa conversa telefónica. Assim, dentro deste contexto, este sistema veio trazer um mundo de novas oportunidades, contribuindo para uma melhor integração dos portadores de deficiências na fala em todos os sectores da sociedade.

6.2 Trabalho futuro

Ao longo deste estudo, mais especificamente do desenvolvimento do sistema *EasyVoice*, surgiram várias ideias com o intuito de promover o acesso de um maior número de portadores de deficiências a sistemas que facilitam a sua comunicação com o mundo exterior. Considerando-se que este trabalho constituiu apenas um ponto de partida para uma infinidade de estudos que poderão ser realizados para suprir as necessidades de comunicação de pessoas com disfunções na fala que possuam, ou não, limitações motoras, salienta-se que os trabalhos futuros nesta área devem-se focar nos seguintes aspectos:

Implementação do *EasyVoice* em diferentes sistemas operativos. É essencial, para possibilitar que um maior número de pessoas tenha

acesso a esta aplicação, desenvolver-se versões do *EasyVoice* para os sistemas operativos Windows Vista, Linux, e MacOS. Salienta-se ainda que, com o objectivo de promover a mobilidade, assume especial interesse o desenvolvimento de uma versão compatível com dispositivos móveis como PDAs ou *smartphones*. Cada vez mais o surgimento de telemóveis mais avançados, como é o caso do *iPhone*, potencia a utilização de aplicações de acessibilidade.

Métodos de interacção alternativos. Outra forma de tornar o *EasyVoice* acessível a um maior número de utilizadores, especialmente aos que sofrem de graves limitações motoras, é explorar novos métodos que facilitem a interacção destes com a aplicação. Em linhas gerais, tendo por base os métodos de interacção descritos no capítulo 2, pretende-se criar novas formas que facilitem o processo de escrita e, conseqüentemente, a forma como realiza-se a inserção do texto. Caso seja desenvolvida uma versão desta aplicação para dispositivos móveis, como PDAs ou *smartphones*, será necessário repensar todo o modo de interacção, para aumentar a rapidez e a eficiência do processo de escrita, tendo por base a linha de trabalho que tem sido seguida por Wobbrock [72].

Dentro deste contexto, como é referido seguidamente, também pondera-se estudar a possibilidade de analisar até que ponto um sistema de reconhecimento de voz pode, ou não, reconhecer uma voz quase imperceptível. Esta ideia surgiu de uma conversa com uma pessoa que trabalhou com portadores de PC há alguns anos, e comentou que encontrava semelhanças no padrão da voz dessas pessoas. Aliás, apesar de

estar há vários anos sem comunicar com pessoas com estas limitações na fala, referiu que entendia facilmente a minha forma de falar e questionou se não seria possível colocar um sistema de reconhecimento de voz a encontrar essas similaridades. Desta forma o sistema *EasyVoice* poderia reconhecer o que era falado pelo utilizador, converter o som em texto, e finalmente sintetizar esse texto, eliminando assim a necessidade do utilizador escrever as mensagens que deseja enviar e as pausas na conversação.

Novas aplicações baseadas em síntese e reconhecimento de voz. Na sequência do ponto anterior, reforçando a necessidade de desenvolvimento de métodos de interacção mais rápidos e eficientes para portadores de limitações motoras, pretende-se desenvolver novas aplicações que facilitem a comunicação de pessoas com deficiências na fala, tendo como base as tecnologias de síntese e reconhecimento de voz. É de salientar que a área do reconhecimento de voz, apesar de estar a ser cada vez mais utilizada, tem sido muito pouco explorada no contexto de pessoas com deficiências na fala.

Além disso, embora o estado da arte em sistemas de reconhecimento de voz ainda não garanta uma fiabilidade de 100%, pondera-se a possibilidade de desenvolver uma nova aplicação, ou implementar uma característica opcional no sistema *EasyVoice*, que ofereça a possibilidade ao utilizador de receber o que a pessoa do outro lado da linha falou na forma de mensagens de texto. Esta ideia é ambiciosa e, também, complexa de implementar à luz do actual estado da arte, mas poderia

trazer vantagens em vários sentidos. Ao nível das acessibilidades, centrando a atenção num grupo mais amplo de portadores de deficiências, esta funcionalidade iria permitir que pessoas que também possuíssem dificuldades de audição utilizassem a aplicação. Porém, como foi constatado ao longo do estudo, muitas pessoas sem limitações podem utilizar o sistema *EasyVoice* em ambientes em que não podem falar, como por exemplo numa sala de reuniões, e no caso desta funcionalidade vir a ser implementada deixarão de ter a necessidade de utilizar *headphones*, tornando o processo de comunicação mais imperceptível para quem as rodeia.

Salienta-se ainda que este tipo de aplicações pode trazer muitas vantagens às pessoas com deficiências na fala, eliminando o problema das pausas na conversação e possibilitando que um maior número de pessoas deixe de estar dependente da intermediação de terceiros para comunicar por voz. Aliás, este tipo de sistemas poderá ser visto como uma forte alternativa aos serviços de intermediação telefónica e possibilitar uma comunicação menos impessoal.

Integrar o *EasyVoice* com outras aplicações VoIP. Actualmente, assiste-se ao surgimento de aplicações VoIP que são concorrentes do *Skype*. Assim, assumindo-se que o utilizador deve ter a oportunidade de escolher a empresa que oferece mais vantagens ao seu tipo de utilização, deseja-se estudar formas de tornar possível a utilização de outras aplicações VoIP. Desta forma, cada utilizador poderá definir no painel de configuração do sistema qual a aplicação VoIP que utiliza. A implementação desta

funcionalidade poderá estar dependente da disponibilidade das respectivas empresas para fornecerem APIs e, conseqüentemente, o número de aplicações VoIP a funcionarem com o *EasyVoice* deverá ser sempre limitado. Embora, neste contexto, possa-se explorar uma forma alternativa de tornar o *EasyVoice* “universal”, possibilitando que funcione com qualquer aplicação VoIP.

Interagir com portadores de deficiências e instituições como a APPC.

O contacto directo entre investigadores e portadores de deficiências, como aconteceu ao longo deste trabalho, ajuda a detectar problemas práticos que estas pessoas enfrentam diariamente. Assim, é essencial que projectos futuros assentem na análise prática das dificuldades e das barreiras enfrentadas diariamente pelas pessoas portadoras de deficiências. Tal como o sistema *EasyVoice* nasceu da constatação que os portadores de limitações na fala tinham muitas dificuldades em comunicarem à distância, muitas outras aplicações inovadoras podem surgir da tentativa de resolução de problemas quotidianos enfrentados por portadores de deficiências.

Aliás, defende-se que a interacção entre a comunidade científica e a população é um factor essencial ao desenvolvimento da sociedade. Por outras palavras, a aplicação dos conhecimentos teóricos na resolução de problemas práticos do quotidiano possibilita o rápido surgimento de novas tecnologias. No caso concreto das tecnologias de acessibilidade, devido à sua especificidade, é ainda mais importante que os investigadores centrem a sua atenção nas necessidades concretas dos portadores

de deficiências, estudando meios de atenuar as principais barreiras que estes enfrentam diariamente de forma a contribuir para uma melhor integração destes na sociedade. É, portanto, fundamental a existência de parcerias entre centros de investigação e associações de portadores de deficiências para promover o estudo e o desenvolvimento de novas tecnologias de acessibilidade que contribuam para a melhoria da qualidade de vida dessas pessoas.

Apêndice A

Opiniões subjectivas dos utilizadores

Este apêndice apresenta as opiniões subjectivas dos utilizadores que avaliaram o sistema *EasyVoice*, apresentando um conjunto de tabelas que contém as respostas subjectivas aos questionários entregues após cada sessão de teste e um conjunto de figuras que mostram algumas mensagens de *email* enviadas por utilizadores externos ao estudo formal. Seguidamente, o leitor pode analisar quatro tabelas com as respostas de cada um dos utilizadores aos questionários numa escala de 0 a 5 (como se explicou na secção 5.2.3 do capítulo 5), e observar mais quatro tabelas que comparam as respostas dos vários participantes relativamente às quatro versões que todos testaram.

Tabela A.1: Respostas de Pedro aos questionários numa escala de 0 a 5.

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8
Teste 1	3	4	4	2	2	2	2	3
Teste 2	3	4	4	3	4	4	2	3
Teste 3	4	4	4	3	4	4	3	3
Teste 4	4	3	4	3	4	4	3	4
Teste 5	4	4	4	2	4	3	4	4
Teste 6	4	4	4	3	4	5	4	4
Teste 7	4	4	4	4	4	5	4	3

Tabela A.2: Respostas de Rui aos questionários numa escala de 0 a 5.

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8
Teste 1	3	3	3	3	2	3	3	3
Teste 2	3	3	4	3	3	3	3	3
Teste 3	4	4	4	4	3	3	4	4
Teste 4	4	4	4	4	3	3	3	4
Teste 5	4	4	4	4	4	4	4	4
Teste 6	5	4	4	4	4	4	4	4
Teste 7	5	4	5	4	5	4	4	3

Tabela A.3: Respostas de Vera aos questionários numa escala de 0 a 5.

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8
Teste 1	3	3	3	4	3	2	2	1
Teste 2	3	3	4	4	4	3	3	3
Teste 3	4	4	4	3	4	4	4	4
Teste 4	4	3	4	4	4	4	4	4

Tabela A.4: Respostas de Maria aos questionários numa escala de 0 a 5.

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8
Teste 1	3	3	2	2	3	1	2	2
Teste 2	3	3	3	3	2	3	2	2
Teste 3	3	3	3	3	3	3	3	3
Teste 4	3	3	3	3	2	4	3	3
Teste 5	3	3	3	3	4	4	4	3

Após analisar as respostas de cada um dos utilizadores às 8 questões do questionário, numa escala de 0 a 5, e levando em consideração que apenas

quatro versões do sistema *EasyVoice* foram testadas por todos os participantes nas sessões de teste, apresenta-se mais quatro tabelas que comparam as suas respostas após os testes efectuados a essas mesmas versões.

Tabela A.5: Respostas dos vários participantes às questões colocadas após os testes realizados à versão *Beta 0.0.1*.

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8
Pedro	3	4	4	2	2	2	2	3
Rui	3	3	3	3	2	3	3	3
Vera	3	3	3	4	3	2	2	1
Maria	3	3	2	2	3	1	2	2
Média	3,00	3,25	3,00	2,75	2,50	2,00	2,25	2,25
Desvio padrão	0,00	0,50	0,82	0,96	0,58	0,82	0,50	0,96

Tabela A.6: Respostas dos vários participantes às questões colocadas após os testes realizados à versão *Beta 0.0.2*.

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8
Pedro	3	4	4	3	4	4	2	3
Rui	3	3	4	3	3	3	3	3
Vera	3	3	4	4	4	3	3	3

Maria	3	3	3	3	2	3	2	2
Média	3,00	3,25	3,75	3,25	3,25	3,25	2,50	2,75
Desvio padrão	0,00	0,50	0,50	0,50	0,96	0,50	0,58	0,50

Tabela A.7: Respostas dos vários participantes às questões colocadas após os testes realizados à versão *Beta 0.0.5*.

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8
Pedro	4	4	4	2	4	3	4	4
Rui	4	4	4	4	4	4	4	4
Vera	4	4	4	3	4	4	4	4
Maria	3	3	3	3	3	3	3	3
Média	3,75	3,75	3,75	3,00	3,75	3,50	3,75	3,75
Desvio padrão	0,50	0,50	0,50	0,82	0,50	0,58	0,50	0,50

Tabela A.8: Respostas dos vários participantes às questões colocadas após os testes realizados à versão *Beta 0.0.7*.

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8
Pedro	4	4	4	4	4	5	4	3
Rui	5	4	5	4	5	4	4	3
Vera	4	3	4	4	4	4	4	4
Maria	3	3	3	3	4	4	4	3
Média	4,00	3,50	4,00	3,75	4,25	4,25	4,00	3,25
Desvio padrão	0,82	0,58	0,82	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50

Seguidamente, apresenta-se três figuras que mostram algumas mensagens de *email* enviadas por utilizadores que fizeram *download* do sistema através da página oficial desta aplicação. Salienta-se que o endereço de *email* destas pessoas foi apagado para garantir a sua privacidade.



Paulo Condado <pcondado@gmail.com>

Great program

Zoe Roseman <[REDACTED]>
Reply-To: [REDACTED]
To: pcondado@gmail.com

Mon, Jul 21, 2008 at 11:40 AM

Hi

I am a clinical scientist who works in the field of Assistive Technology with people with severe disabilities. I am doing some stuff with Skype and came across this. I think it is really good. I just wondered if you are considering offering it with any alternative voices e.g. to make it more gender specific.

Thanks

Zoe

Figura A.1: Mensagem de *email* enviada por Zoe .



Paulo Condado <pcondado@gmail.com>

Very Interested

Marlon [REDACTED] <[REDACTED]>
Reply-To: [REDACTED]
To: pcondado@gmail.com

Mon, Oct 29, 2007 at 11:28 PM

Hello,

I myself have Cerebral Palsy, and this would solve numerous problems. I was just wondering if in future revisions of the program there will be added support to select the voice used?

Kind Regards

Marlon

Figura A.2: Mensagem de *email* enviada por Marlon.



Paulo Condado <pcondado@gmail.com>

Easy Voice and scanning mode problem

Marcus <[REDACTED]>

Thu, Nov 20, 2008 at 10:36 AM

Reply-To: [REDACTED]

To: pcondado@gmail.com

Hello Paulo, I have EasyVoice working with Skype (version 3.8.0.154). It seems to be fine apart from in scanning mode where is often does not respond to pressing the space bar to select the block of letters then individual letter that I intend to select. Sometimes it works but mostly it doesn't for me. Another thing - did you intend for the program to save archived messages for the next time EasyVoice is launched? My messages seem to be lost when I close the program and start it again. Thanks, Marcus.

Figura A.3: Mensagem de *email* enviada por Marcus.

Bibliografia

- [1] T. Ayres and B. Nolan. JSAPI speech recognition with Sphinx4 and SAPI5. In *WISICT '05: Proceedings of the 4th International Symposium on Information and Communication Technologies*, pages 179–184. Trinity College Dublin, 2005.
- [2] T. Berners-Lee. *Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web by Its Inventor*. Harper San Francisco, 1999.
- [3] A. W. Black and K. A. Lenzo. Flite: A small fast run-time synthesis engine. In *Proceedings of the 4th International Speech Communication Association Workshop on Speech Synthesis*, Scotland, August-September 2001.
- [4] A. W. Black, H. Zen, and K. Tokuda. Statistical parametric speech synthesis. In *ICASSP '07: Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, volume 4, pages 1229–1232. IEEE Computer Society, 2007.
- [5] P. Boissiere. An overview of existing writing assistance systems. In *Proceedings of the Institut Fédératif de Recherche sur les Aides Techniques*

- pour personnes Handicapées (IFRATH) Workshop 2003*, Paris, France, 2003.
- [6] K. Christian, B. Kules, B. Shneiderman, and A. Youssef. A comparison of voice controlled and mouse controlled web browsing. In *ASSETS '00: Proceedings of the Fourth International ACM Conference on Assistive Technologies*, pages 72–79, New York, NY, USA, 2000. ACM Press.
- [7] R. A. J. Clark, K. Richmond, and S. King. Festival 2 – build your own general purpose unit selection speech synthesiser. In *Proceedings of the 5th International Speech Communication Association Workshop on Speech Synthesis*, 2004.
- [8] P. Condado, F. Tomaz, H. Shahbazkia, and F. Lobo. Information and communication technologies for special needed people: A case study with a student with cerebral paralysis. In *Advances in Technology-Based Education: Towards a Knowledge-Based Society*, volume 3, pages 1470–1474, Badajoz, Spain, 2003.
- [9] P. A. Condado and F. G. Lobo. Breaking barriers for people with voice disabilities: Combining virtual keyboards with speech synthesizers, and VoIP applications. UAlg-ILab Report No. 200604, University of Algarve, Faro, Portugal, 2006. Also as arXiv report No. cs.CY/0606088.
- [10] P. A. Condado and F. G. Lobo. EasyVoice: integrating voice synthesis with Skype. In *ASSETS '07: Proceedings of the 9th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pages 235–236, New York, NY, USA, 2007. ACM Press.

- [11] P. A. Condado and F. G. Lobo. EasyVoice: Breaking barriers for people with voice disabilities. In *ICCHP '08: Proceedings of the 11th International Conference on Computers Helping People with Special Needs*, volume 5105 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 1228–1235. Springer, 2008.
- [12] P. A. Condado, P. F. Miquelina, S. Norte, N. Castilho, F. G. Lobo, and H. R. Shahbazkia. Information and communication technologies for people with disabilities. In *Interactive Computer Aided Learning International Conference*, Carinthia Technology Institute, Villach, Austria, 2004.
- [13] P. W. Demasco and K. F. McCoy. Generating text from compressed input: An intelligent interface for people with severe motor impairments. *Communications of the ACM*, 35(5), 1992.
- [14] B. Duggan and M. Deegan. Considerations in the usage of text to speech (TTS) in the creation of natural sounding voice enabled web systems. In *ISICT '03: Proceedings of the 1st International Symposium on Information and Communication Technologies*, pages 433–438. Trinity College Dublin, 2003.
- [15] J. S. Dumas and J. C. Redish. *A Practical Guide to Usability Testing*. Intellect Books, 1999.
- [16] M. D. Dunlop and A. Crossan. Predictive text entry methods for mobile phones. *Personal Technologies*, 4(2):134–143, 2000.

- [17] T. Dutoit. High-quality text-to-speech synthesis: An overview. *Journal of Electrical & Electronics Engineering, Australia: Special Issue on Speech Recognition and Synthesis*, 17(1):25–37, 1997.
- [18] T. Dutoit. *An Introduction to Text-to-Speech Synthesis*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA, 1997.
- [19] T. Dutoit and H. Leich. MBR-PSOLA: Text-To-Speech synthesis based on an MBE re-synthesis of the segments database. *Speech Communication*, 13(3-4):435–440, 1993.
- [20] T. Dutoit, V. Pagel, N. Pierret, F. Battaille, and O. Van Der Vreken. The MBROLA project: Towards a set of high-quality speech synthesizers free of use for non-commercial purposes. In *ICSLP'96: Proceedings of the Fourth International Conference on Spoken Language Processing*, volume 3, pages 1393–1396, 1996.
- [21] T. Dutoit and Y. Stylianou. Text-to-speech synthesis. In R. Mitkov, editor, *Handbook of Computational Linguistics*, chapter 17, pages 323–338. Oxford University Press, 2003.
- [22] P. Farrugia. Text to speech technologies for mobile telephony services. Master's thesis, Department of Computer Science and A. I., University of Malta, Malta, 2005.
- [23] P. M. Fitts. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6):381–391, 1954.

- [24] J. M. Francioni and A. C. Smith. Computer science accessibility for students with visual disabilities. In *Proceedings of 33rd SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, pages 91–95, New York, NY, USA, 2002. ACM Press.
- [25] K. Z. Gajos, J. O. Wobbrock, and D. S. Weld. Automatically generating user interfaces adapted to users’ motor and vision capabilities. In *UIST ’07: Proceedings of the 20th annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pages 231–240, New York, NY, USA, 2007. ACM Press.
- [26] R. E. Grinter and M. A. Eldridge. y do tngrs luv 2 txt msg? In *ECSCW’01: Proceedings of the 7th European Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pages 219–238, Norwell, MA, USA, 2001. Kluwer Academic Publishers.
- [27] S. Guha, N. Daswani, and R. Jain. An experimental study of the skype peer-to-peer VoIP system. In *IPTPS’06: Proceedings of the 5th International Workshop on Peer-to-Peer Systems*, Santa Barbara, CA, USA, 2006.
- [28] S. Harada, J. O. Wobbrock, and J. A. Landay. Voicedraw: A hands-free voice-driven drawing application for people with motor impairments. In *ASSETS ’07: Proceedings of the 9th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pages 27–34, New York, NY, USA, 2007. ACM Press.

- [29] A. J. Hornof and A. Cavender. Eyedraw: Enabling children with severe motor impairments to draw with their eyes. In *CHI '05: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 161–170, New York, NY, USA, 2005. ACM Press.
- [30] A. J. Hunt and A. W. Black. Unit selection in a concatenative speech synthesis system using a large speech database. In *ICASSP '96: Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, pages 373–376, Washington, DC, USA, 1996. IEEE Computer Society.
- [31] T. Igarashi and J. F. Hughes. Voice as sound: Using non-verbal voice input for interactive control. In *UIST '01: Proceedings of the 14th annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pages 155–156, New York, NY, USA, 2001. ACM Press.
- [32] H. Ishii and B. Ullmer. Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In *CHI '97: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 234–241, New York, NY, USA, 1997. ACM Press.
- [33] P. E. Jones. Virtual keyboard with scanning and augmented by prediction. In *ECDVRAT '98: Proceedings of the Second European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*, pages 45–51, 1998.
- [34] R. Kjeldsen. Improvements in vision-based pointer control. In *ASSEST '06: Proceedings of the 8th International ACM SIGACCESS Conference*

- on Computers and Accessibility*, pages 189–196, New York, NY, USA, 2006. ACM Press.
- [35] D. H. Klatt. Software for a cascade/parallel formant synthesizer. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 67(3):971–995, 1980.
- [36] D. H. Klatt and L. C. Klatt. Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 87(2):820–857, 1990.
- [37] H. E. Korth. US Patent #5,767,842: Method and device for optical input of commands or data, 1998.
- [38] B. M. Leiner, V. G. Cerf, D. D. Clark, R. E. Kahn, L. Kleinrock, D. C. Lynch, J. Postel, L. G. Roberts, and S. S. Wolff. The past and future history of the internet. *Communications of the ACM*, 40(2):102–108, 1997.
- [39] J. Li and G. Hirst. Semantic knowledge in word completion. In *ASSETS '05: Proceedings of the 7th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pages 121–128, New York, NY, USA, 2005. ACM Press.
- [40] P. Majaranta and K. Rähkä. Twenty years of eye typing: Systems and design issues. In *ETRA '02: Proceedings of the 2002 Symposium on Eye Tracking Research & applications*, pages 15–22, New York, NY, USA, 2002. ACM Press.
- [41] F. Miller. *Cerebral Palsy*. Springer, 2004.

- [42] P. F. Miquelina, P. A. Condado, C. L. Carvalho, H. R. Shahbazkia, and F. G. Lobo. Toque de voz: Sistema de síntese de voz com um teclado virtual para o auxílio de pessoas com necessidades educativas especiais. In *RiBiE2004: 7th Ibero American Congress in Computers and Education*, pages 650–659, Monterrey, Mexico, 2004.
- [43] I. R. Murray and J. L. Arnott. Toward the simulation of emotion in synthetic speech: A review of the literature on human vocal emotion. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 93(2):1097–1108, 1993.
- [44] B. A. Myers. A brief history of human-computer interaction technology. *Interactions*, 5(2):44–54, 1998.
- [45] N. Neto, Ê. Silva, and E. Sousa. Software usando reconhecimento e síntese de voz: O estado da arte para o português brasileiro. In *CLIHC '05: Proceedings of the 2005 Latin American Conference on Human-Computer Interaction*, pages 326–331, New York, NY, USA, 2005. ACM Press.
- [46] A. F. Newell and P. Gregor. “user sensitive inclusive design”— in search of a new paradigm. In *CUU '00: Proceedings on the 2000 Conference on Universal Usability*, pages 39–44, New York, NY, USA, 2000. ACM Press.
- [47] J. Nielsen. *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann, 1994.
- [48] J. Nielsen and T. K. Landauer. A mathematical model of the finding of usability problems. In *CHI '93: Proceedings of the INTERACT '93 and*

- CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 206–213, New York, NY, USA, 1993. ACM Press.
- [49] D.A. Norman. *The Design of Everyday Things*. Doubleday, 1990.
- [50] S. Norte and N. Castilho. Montagem e desenvolvimento de aplicações para uma gogoboard. Relatório do projecto de final de curso da licenciatura em Ensino de Informática, Universidade do Algarve, 2004.
- [51] S. Norte, N. Castilho, P. A. Condado, and F. G. Lobo. GoGoBoard and Logo programming for helping people with disabilities. In *Proceedings of EuroLogo 2005: Digital Tools for Lifelong Learning*, pages 171–178, Warsaw, Poland, 2005.
- [52] T. Nose, J. Yamagishi, T. Masuko, and T. Kobayashi. A style control technique for HMM-based expressive speech synthesis. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E90-D(9):1406–1413, September 2007.
- [53] S. Papert. *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books, New York, 2nd edition, 1993.
- [54] S. Papert. *The Connected Family: Bridging the Digital Generation Gap*. Longstreet Press, Inc., 1996.
- [55] R. D. Peacocke and D. H. Graf. An introduction to speech and speaker recognition. *Computer*, 23(8):26–33, 1990.
- [56] M. Pieper and A. Kobsa. Talking to the ceiling: An interface for bedridden manually impaired users. In *CHI '99: Proceedings of the SIGCHI*

- Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 9–10, New York, NY, USA, 1999. ACM Press.
- [57] I. J. Pitt and A. D. N. Edwards. Improving the usability of speech-based interfaces for blind users. In *ASSETS '96: Proceedings of the Second Annual ACM Conference on Assistive Technologies*, pages 124–130, New York, NY, USA, 1996. ACM Press.
- [58] L. Rabiner and B. Juang. An introduction to hidden markov models. *ASSP Magazine, IEEE [see also IEEE Signal Processing Magazine]*, 3(1):4–16, Jan 1986.
- [59] L. R. Rabiner. A tutorial on hidden markov models and selected applications in speech recognition. *Proceedings of the IEEE*, 77(2):257–286, Feb 1989.
- [60] M. Resnick, F. Martin, R Sargent, and B. Silverman. Programmable bricks: Toys to think with. *IBM Systems Journal*, 35(3-4):443–452, 1996.
- [61] S. Shaik, R. Corvin, R. Sudarsan, F. Javed, Q. Ijaz, S. Roychoudhury, J. Gray, and B. Bryant. Speechclipse: An eclipse speech plug-in. In *Proceedings of the 2003 OOPSLA Workshop on Eclipse Technology eXchange*, pages 84–88, New York, NY, USA, 2003. ACM Press.
- [62] D. P. Siewiorek. Wearable computing comes of age. *IEEE Computer*, 32(5):82–83, 1999.

- [63] A. Sipitakiat, P. Blikstein, and D. P. Cavallo. GoGo board: augmenting programmable bricks for economically challenged audiences. In *ICLS '04: Proceedings of the 6th International Conference on Learning Sciences*, pages 481–488. International Society of the Learning Sciences, 2004.
- [64] A. C. Smith, J. M. Francioni, and S. D. Matzek. A Java programming tool for students with visual disabilities. In *ASSETS '00: Proceedings of the fourth International ACM Conference on Assistive Technologies*, pages 142–148, New York, NY, USA, 2000. ACM Press.
- [65] A. J. Sporcka, S. H. Kurniawan, M. Mahmud, and P. Slavík. Non-speech input and speech recognition for real-time control of computer games. In *ASSETS '06: Proceedings of the 8th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pages 213–220, New York, NY, USA, 2006. ACM Press.
- [66] V. Stanford. Wearable computing goes live in industry. *IEEE Pervasive Computing*, 1(4):14–19, 2002.
- [67] J. A. Valente. *Creating computer-based learning environment for physically handicapped children*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA, 1983.
- [68] U. Varshney, A. Snow, M. Mcgovern, and C. Howard. Voice over IP. *Communications of the ACM*, 45(1):89–96, 2002.
- [69] M. Weiser. The computer of the 21st century. *Scientific American*, 265(3):66–75, 1991.

- [70] J. Wobbrock and B. Myers. Trackball text entry for people with motor impairments. In *CHI '06: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 479–488, New York, NY, USA, 2006. ACM Press.
- [71] J. O. Wobbrock, B. A. Myers, H. H. Aung, and E. F. LoPresti. Text entry from power wheelchairs: Edgewrite for joysticks and touchpads. In *ASSETS '04: Proceedings of the 6th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pages 110–117, New York, NY, USA, 2004. ACM Press.
- [72] J. O. Wobbrock, B. A. Myers, and J. A. Kembel. Edgewrite: A stylus-based text entry method designed for high accuracy and stability of motion. In *UIST '03: Proceedings of the 16th annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pages 61–70, New York, NY, USA, 2003. ACM Press.
- [73] S. Zhai, M. Hunter, and BA. Smith. The metropolis keyboard: An exploration of quantitative techniques for graphical keyboard design. In *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pages 119–128, San Diego, California, 2000.