

# NavTap: um estudo de longa duração com utilizadores cegos

Tiago Guerreiro, Hugo Nicolau, Joaquim Jorge, Daniel Gonçalves

IST / INESC-ID

Av. Professor Cavaco Silva, IST Tagus Park, 2780-990 Porto Salvo

{tjvg,hman}@vimmi.inesc-id.pt, jaj@inesc-id.pt, daniel.goncalves@inesc-id.pt

---

## Abstract

*NavTap is a navigational method that enables blind users to input text in a mobile device by reducing the associated cognitive load. We present studies that go beyond a laboratorial setting, exploring the methods' effectiveness and learnability as well as its influence in the users' daily lives. Eight blind users participated in the prototype's design (3 weeks) while five took part in the studies along 16 more weeks. All were unable to input text before. Results gathered in controlled weekly sessions and real life interaction logs revealed the method as easy to learn and improve performance, as the users were able to fully control mobile devices in the first contact within real life scenarios. The individual profiles play an important role determining evolution and even less capable users (with age-induced impairments or cognitive difficulties) were able to perform the required tasks, in and out of the laboratory, with continuous improvements. NavTap dramatically changed the users' relation with the devices and improved their social interaction capabilities.*

## Keywords

*Blind, Evaluation, Mobile Accessibility, Text-Entry.*

---

## 1. INTRODUÇÃO

Os dispositivos móveis tornaram-se elementos essenciais no nosso dia-a-dia. Estes passaram de meros dispositivos de comunicação a ferramentas de gestão de informação, como contactos, mensagens de vários tipos, notas pessoais ou tarefas agendadas. Desde os primordiais dispositivos, simples, reduzidos a capacidades de comunicação básicas, até aos mais recentes dispositivos estéticos e aplicações, cada vez mais semelhantes aos computadores de secretária na forma de interacção, os dispositivos móveis ultrapassaram o seu objectivo inicial e transformaram-se em ferramentas de prazer e produtividade.

Apesar da interacção móvel ter evoluído desde os primeiros dispositivos comerciais, estes são ainda muito restritivos (em alguns casos, cada vez mais). Em particular, pessoas cegas ou com baixa visão sentem várias dificuldades na utilização de um comum telemóvel, pois tanto as interfaces de entrada como as de saída (retorno) são altamente exigentes a nível visual.

No entanto, uma grande percentagem de invisuais tem um ou mais dispositivos móveis e consegue interagir com o mesmo a um nível básico (fazer e receber uma chamada). Por outro lado, a generalidade dos processos de interacção disponíveis nesses dispositivos não estão adaptados a um utilizador cego e podem prejudicar ou impedir uma interacção eficaz. A entrada de texto apresenta-se como uma tarefa transversal a um grande número de aplicações e, quando não existe nenhuma interface assistiva alternativa, é impossível de realizar para um utilizador cego.

Existem várias abordagens alternativas que tentam ultrapassar este problema usando soluções à medida, recorrendo a teclados e ecrãs Braille. Estes são, no entanto, demasiado caros, pesados, e definitivamente não são móveis. Para além disso, são também, demasiado “especiais”.

Por outro lado, os leitores de ecrã são adaptações ao nível do *software* que tentam substituir a informação visual pela sua síntese auditiva (e.g. Mobile Speak<sup>1</sup>, Nuance Talks<sup>2</sup>). Estas soluções permitem que utilizadores cegos utilizem um dispositivo móvel, visto que transmitem a informação através de um canal disponível. No entanto, a interacção não se encontra ajustada às necessidades dos utilizadores. De facto, estes recebem o retorno auditivo acerca do estado do visor mas, por exemplo, não recebem qualquer informação sobre a organização das letras ou funções no teclado, levando a erros e reduzindo, ou eliminando, a possibilidade de uma pessoa cega aprender e melhorar o seu desempenho. Este problema ganha maior relevância quando focamos a atenção em utilizadores mais velhos, que sentirão, provavelmente, dificuldades na memorização da relação entre teclas e letras.

As abordagens existentes assumem um utilizador com boa orientação, capacidades de memorização, ou mesmo boa sensibilidade nas extremidades dos dedos e conhecimento Braille (o estereótipo do utilizador cego), mas a realidade é que mais de 82% das pessoas cegas tem

---

<sup>1</sup> <http://www.codefactory.es/>

<sup>2</sup> <http://www.nuance.com/talks/>

mais de 50 anos [WHO08] e uma grande parte perdeu a visão numa fase avançada da vida.

Com estes problemas em mente, desenvolvemos métodos focados nos utilizadores, nas suas capacidades e necessidades, que possibilitam a realização das operações mais comuns de um dispositivo móvel. Focamos principalmente em métodos de introdução de texto, embora várias considerações sejam feitas relativamente às tarefas de navegação e recepção de eventos. Particularizando, o método de introdução de texto NavTap [Guerreiro08a] permite ao utilizador navegar pelo alfabeto usando o teclado do dispositivo móvel.

A abordagem foi previamente avaliada com utilizadores cegos em ambiente controlado e os resultados mostraram que um utilizador noviço consegue usar o dispositivo e introduzir texto com apenas alguns minutos de treino. Estes estudos foram realizados com utilizadores que não conseguiam ir além das simples tarefas de comunicação por voz, com os seus dispositivos móveis. Como constatado, o processo de aprendizagem com os mecanismos de interacção tradicionais (mesmo com retorno auditivo) é muito difícil, levando os utilizadores cegos à desistência e restrição das suas tarefas móveis a fazer e receber chamadas. Estes estudos foram realizados num ambiente controlado, sendo que os utilizadores conseguiram introduzir texto e ultrapassar o seu desempenho quando comparado com métodos tradicionais (os testes contemplaram a comparação com um grupo de utilizadores que foi instruído e ajudado a usar o método tradicional, MultiTap).

Estes resultados preliminares demonstraram as vantagens de uma abordagem navegacional sobre as tradicionais abordagens de *multi-tapping* para utilizadores cegos. No entanto, não nos permitiram avaliar a evolução e melhoria de desempenho num cenário de uso de longa duração.

De facto, só poderemos compreender os benefícios e limitações da nossa abordagem se conseguirmos avaliar o desempenho dos utilizadores, evolução em ambientes reais não-controlados, e o impacto nas suas vidas. As falhas no desenho das interfaces móveis actuais podem ser facilmente justificadas pela falta de estudos de acompanhamento com as populações alvo.

Propomos ir além e apresentar uma caracterização mais rica da nossa abordagem e as suas vantagens. Neste artigo, descrevemos uma avaliação de longo termo do método NavTap e o seu sistema envolvente, um protótipo móvel para utilizadores cegos, particularmente caracterizado por um método de introdução de texto navegacional. Esta avaliação foi realizada durante 19 semanas com cinco utilizadores (e ainda 3 utilizadores extra durante uma fase de desenho iterativo) e, para além do registo das interacções diárias em cenários reais, contemplou também avaliações semanais de controlo para conseguir registar a evolução dos utilizadores. Através destes estudos, conseguimos recolher informação sobre o desempenho dos participantes, em particular em relação à introdução de texto, mas também observar como a

evolução influenciou os hábitos e interacções dos utilizadores.

Os resultados mostraram que os participantes conseguiram utilizar o protótipo no seu dia-a-dia e que uma interface mais adequada influenciou positivamente as suas interacções sociais. Mais, a análise da utilização de longa duração sugere que, apesar da maior evolução decorrer nas primeiras fases do estudo, os utilizadores continuam a melhorar. Mesmo utilizadores com algumas dificuldades cognitivas (baixa alfabetização, fraco mapeamento mental do alfabeto) ou deficiências relacionadas com a idade avançada (fraca memorização, desorientação, sensibilidade táctil baixa, entre outras) conseguiram introduzir texto de forma eficaz tanto nas sessões laboratoriais como em cenário real, no dia-a-dia.

Para além disso, esta avaliação possibilitou um maior conhecimento dos limites da abordagem. Na prática, os resultados atingidos com estes utilizadores são bastante relevantes pois nenhum deles conseguia introduzir texto com um telemóvel. No entanto, o seu desempenho é ainda inferior ao atingido por utilizadores proficientes em abordagens multi-toque (considerando a presença de retorno auditivo) [Silfverberg00]. Porém, de que tenhamos conhecimento, não foram realizados estudos com abordagens multi-toque a longo prazo com utilizadores cegos portanto a comparação mantém-se em aberto.

## 2. TRABALHO RELACIONADO

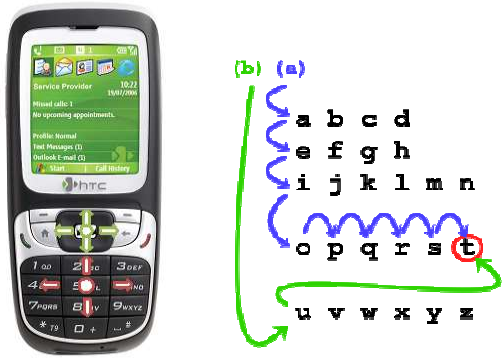
A tarefa de introdução de texto em dispositivos móveis é tradicionalmente efectuada através de um sistema de multi-toque, onde grupos de 3 ou 4 letras estão associadas a cada tecla; pressionar consecutivamente na mesma tecla, dentro de um tempo limite estipulado, permite ao utilizador percorrer todas as letras disponíveis na mesma.

Outros métodos alternativos de introdução de texto foram desenvolvidos mas, tal como o sistema MultiTap, são demasiado exigentes a nível visual e cognitivo. Para além disso, métodos preditivos como o t9<sup>3</sup> são ainda mais difíceis ou impossíveis de usar sem retorno visual. Em geral, as abordagens existentes pressupõem a habilidade de visualizar tanto a evolução da escrita no ecrã como a disposição do teclado. Com experiência, um utilizador pode ser capaz de atingir algum sucesso ao introduzir texto sem olhar para o teclado, mas apenas após meses ou anos de experiência bem sucedida e uso rico em retorno visual. Ainda assim, mesmo um utilizador experiente necessita de confirmação visual ocasional.

Apesar dos métodos multi-toque serem bastante práticos para grande parte dos utilizadores, as pessoas cegas têm grandes dificuldades em utilizá-los. Estes não têm qualquer informação sobre a disposição das letras no teclado nem retorno acerca da evolução da frase a ser escrita.

---

<sup>3</sup> <http://www.nuance.com>



**Figura 1 – Método de entrada de texto NavTap**

Para demonstrar as dificuldades de acesso a dispositivos móveis por pessoas cegas foram desenvolvidos aparelhos especiais. Como exemplo, referimos o Brailino<sup>4</sup> ou o Alva Mobile Phone Organizer, entre muitos outros bastante semelhantes. Estes dispositivos, que tipicamente funcionam como um PDA (Personal Digital Assistant), contemplando um teclado Braille para a introdução de caracteres, um ecrã Braille para o retorno de informação, e fornecem funcionalidades como as providenciadas pelos dispositivos móveis tradicionais. No entanto, todos partilham das mesmas falhas: o seu custo é proibitivo e não são tão portáteis nem usáveis em ambiente móvel como um telemóvel comum.

Hoje em dia, a solução mais comum recorre ao uso de abordagens multi-toque em simultâneo com um leitor de ecrã, substituindo o retorno visual pela sua representação auditiva (e.g., Mobile Speak or Nuance Talks). Contudo, o retorno oferecido é limitado à informação digital. A informação referente ao teclado mantém-se inacessível. Esta abordagem obriga o utilizador a tentar encontrar a letra desejada, cometendo vários erros no processo, e possivelmente levando à desistência. Uma pessoa que adquira cegueira numa fase avançada da vida, juntamente com a redução de outras capacidades como a sensibilidade nas extremidades dos dedos, enfrenta imensas dificuldades no primeiro contacto com esta abordagem, rejeitando-a antes de poder ganhar a experiência que permite o seu uso [Lagoa07].

O método de introdução de texto NavTap [Guerreiro08a] procura ultrapassar a ausência de retorno visual através da transformação do processo de selecção de letras num procedimento navegacional (Figura 1). Este método apresenta baixa carga cognitiva visto que cada acção pode ser desfeita antes de um erro ser cometido. Os utilizadores recebem retorno auditivo e, ao contrário das abordagens multi-toque, podem continuar a navegação ou aceitar a letra.

Focando num grupo particular de utilizadores cegos, aqueles que leem Braille, o método BrailleTap [Guerreiro08a] permite aos utilizadores a introdução de caracteres recorrendo à substituição de um conjunto de

teclas num teclado tradicional para simular células Braille. Assim, o utilizador é capaz de escolher uma letra carregando nas teclas (que representam uma certa célula) que correspondem à representação gráfica dessa letra.

Este método atingiu resultados bastante promissores mas atinge uma quota de utilizadores muito reduzida. Mais ainda, esta abordagem não é acessível para o grupo de cegos mencionados anteriormente, que não tiveram a possibilidade de desenvolver mecanismos de compensação como sensibilidade táctil melhorada ou conhecimento de Braille.

Nos últimos tempos, os dispositivos móveis com ecrã táctil têm tido um grande impacto no mercado das comunicações móveis e, devido a ausência de pistas tácteis (i.e., teclas físicas), alguns investigadores têm tentado torná-los acessíveis a pessoas cegas. Existem esforços para melhorar a navegação entre aplicações [Kane08] mas também para introduzir texto [Guerreiro08b, Yfantidis06], realizando gestos sobre o ecrã. Estas abordagens baseiam-se também no retorno auditivo como substituto do canal visual.

Hoje em dia, a maioria dos utilizadores cegos possui um dispositivo móvel com teclado. Estes dados sugerem que as interfaces actuais estão adaptadas aos utilizadores e permitem que estes sejam eficientes, mas a realidade é diferente e é bastante difícil para grande parte dos utilizadores introduzir texto num telemóvel [Lagoa07]. Para além da ausência de alternativas para os que não conseguem usar estas adaptações, nomeadamente MultiTap com leitores de ecrã, existe também um desconhecimento e compreensão da real eficácia e evolução dos métodos, numa utilização a longo prazo. Não só procuramos ultrapassar esta lacuna e apresentar um método que facilita o primeiro contacto e que permite uma boa curva de aprendizagem, reduzindo a carga cognitiva e eliminando situações de pressão sobre o utilizador, mas também avaliar o impacto e evolução a longo prazo. Em [Guerreiro08a], mostramos que numa primeira abordagem, num ambiente laboratorial, para utilizadores novíços, o método NavTap supera a abordagem multi-toque (MultiTap). Resta perceber qual a eficácia e evolução em contexto real e a longo termo.

Através destes estudos, conseguimos compreender a evolução dos utilizadores com os métodos desenhados, a sua influência na vida dos utilizadores, bem como as suas vantagens, desvantagens e limitações. Particularmente, num ambiente móvel, onde o utilizador se encontra sujeito a variadas interferências (i.e. deficiências induzidas pelo contexto [Sears03]) é relevante perceber se as vantagens de cada interface podem continuar a ser consideradas dessa forma. Apenas após este conhecimento profundo das interfaces, os seus valores e limitações, será possível providenciar uma verdadeira acessibilidade móvel.

### 3. REDESENHO ITERATIVO

NavTap é um método de entrada de texto navegacional concebido para reduzir a carga cognitiva na introdução de

<sup>4</sup> <http://www.handytech.de/>

texto, sem retorno visual. Para este efeito, o alfabeto foi dividido em cinco linhas, cada uma começando com uma vogal, uma vez que estas são fáceis de recordar.

Esta representação do alfabeto pode ser navegada através do uso de um conjunto de teclas que agem como um *joystick*. Ambas as navegações (vertical e horizontal) são cíclicas, o que significa que o utilizador pode ir, por exemplo, a partir da letra 'z' à letra 'a' e, a partir da vogal 'u' para a vogal 'a' (Figura 1 (direita)). Os utilizadores são capazes de navegar o alfabeto e receber retorno auditivo sobre a letra actual antes de a aceitar (em contraste com abordagens MultiTap onde o carregar numa tecla pode conduzir automaticamente a um erro). Este método reduz drasticamente a necessidade de memorização, diminuindo assim a carga cognitiva associada. Num cenário mais pessimista, em que o utilizador não tenha um bom mapeamento mental do alfabeto, pode simplesmente navegar em frente até ouvir a letra desejada.

Não há teclas erradas, apenas caminhos mais curtos. Utilizadores cegos podem contar com o retorno auditivo antes de aceitar qualquer carácter, aumentando o sucesso na tarefa de introdução de texto e a motivação para continuar a melhorar o desempenho.

Conforme ilustrado na Figura 1 (direita), podem ser atingidos diferentes cenários de navegação e níveis de experiência: 1) na abordagem usando uma direcção, o utilizador restringe a navegação a uma única tecla (em frente), o que pode ser classificada como uma abordagem ingénua; 2) na abordagem a 2 direcções, o utilizador é capaz de navegar através das vogais e, utilizando-as como pontos de referência, obter a letra desejada (cenário a) na Figura 1 - direita); 3) e na abordagem usando 4 direcções, o utilizador é capaz de executar os caminhos mais curtos para a letra desejada (cenário b) na Figura 1 - direita)).

Este método de entrada de texto foi avaliado com utilizadores cegos, com experiência e capacidades reduzidas no uso de dispositivos móveis (apenas realização e recepção de chamadas), para avaliar o primeiro contacto com o método e curva de aprendizagem a curto prazo. Os resultados foram comparados com os métodos tradicionais, mostrando que o NavTap, em contraste com o MultiTap, permite que os utilizadores sem experiência introduzam texto de forma eficaz e apresentando uma rápida melhoria no desempenho [Guerreiro08a]. Resultados semelhantes foram obtidos com uma versão com ecrã táctil, em que a navegação era feita através de gestos direccionais sobre a superfície [Guerreiro08b].

Embora tenhamos mostrado que o NavTap reduz as barreiras impostas pelas abordagens tradicionais de entrada de texto para utilizadores cegos, não foram recolhidos resultados sobre a evolução e o impacto dos métodos no quotidiano dos utilizadores. De facto, acreditamos que estes estudos de acompanhamento são essenciais para ir além das avaliações laboratoriais, controladas e superficiais, e compreender os limites,

vantagens e desvantagens dos métodos propostos. Particularmente, num cenário móvel, quando várias variáveis contextuais podem afectar a interacção [Sears03], é importante compreender as dificuldades do utilizador para continuar a melhorar as abordagens concebidas.

Para poder avaliar o método NavTap numa utilização a longo termo, fomos além da tarefa de introdução de texto, e criámos um protótipo com um conjunto de aplicações (as que os utilizadores revelaram como essenciais e mais utilizadas, nos nossos estudos preliminares). Este conjunto incluiu gestão de mensagens, contactos, chamadas, alarmes, calculadora, notificações (por exemplo, bateria), data e hora. Todos os menus de navegação, bem como os processos de recepção de eventos (mensagens, alertas) foram reformulados para contemplar a ausência de retorno visual e presença de informação auditiva (síntese de voz e sons). A introdução de texto foi alcançada recorrendo ao método NavTap, utilizando as teclas '2', '4', '6' e '8' para navegar e a tecla '5' para introduzir um espaço (ou pontuação, se pressionado mais de uma vez). A aceitação de letras baseia-se num tempo de aceitação pré-definido. A tecla '7' permite apagar o último carácter introduzido.

O protótipo foi desenvolvido na plataforma Windows Mobile e o dispositivo móvel utilizado foi um HTC S310 (Figura 1). O sintetizador de voz usado foi fornecido pela Loquendo. A primeira versão do protótipo foi desenvolvida em conformidade com as guias de desenho recolhidas em estudos anteriores com a população alvo [Lagoa07].

Os estudos aqui apresentados começaram com uma fase preliminar de redesenho, seguindo uma abordagem centrada no utilizador. Oito participantes foram seleccionados a partir de um grupo de 14 candidatos, num centro de formação para cegos. A selecção foi realizada de acordo com a proficiência na utilização de dispositivos móveis: o objectivo destes estudos foi o de avaliar o impacto de um novo método de entrada de texto e os utilizadores ideais foram aqueles incapazes de realizar tarefas baseadas em texto, antes do contacto com o NavTap. Os utilizadores tinham idades compreendidas entre 49 e 64 anos, todos possuíam um dispositivo móvel e nenhum era capaz de introduzir texto. A fase de redesenho durou três semanas e foi dividida em módulos (3 sessões por semana): Navegação, Recepção de Eventos e Introdução de Texto. Cada sessão, com cada utilizador, consistiu num tutorial de 30 minutos sobre aspectos específicos do módulo a ser apresentado. Com estas sessões foram atingidos dois objectivos: 1) foi-nos possível detectar incoerências e adaptar o protótipo para atender melhor às necessidades e capacidades dos utilizadores (redesenho); e, 2) os utilizadores puderam ganhar alguma familiaridade com o protótipo, aprendendo os seus conceitos mais importantes (aprendizagem). Neste redesenho iterativo, o protótipo foi modificado em diferentes aspectos: novas

funcionalidades, parametrização de características do sintetizador, teclas de entrada, sons e alertas, entre outros.

Em particular, e considerando o principal foco destes estudos, o método NavTap também contemplou adaptações relevantes: **1) Disposição no teclado** – A versão anterior previa a utilização das teclas numéricas para simular as direcções (setas vermelhas sobre o teclado na Figura 1) e uma tecla central para introdução de um espaço e caracteres especiais. Esta abordagem visava uma cobertura alargada a nível de dispositivos-alvo visto que todos os dispositivos com teclado têm um teclado numérico. No entanto, a proximidade e a falta de distinção entre as teclas era propícia a erros ou a uma navegação lenta, se os utilizadores tivessem uma sensibilidade táctil sub-ótima (que é também uma desvantagem das abordagens tradicionais multi-toque). O que é também verdade é que a maioria dos dispositivos móveis contempla um conjunto de teclas direccionais (semelhante a um *joystick*) (setas verdes do teclado sobre a Figura 1), em que estas teclas estão mais perto umas das outras e provavelmente com tamanho e relevo aumentado (melhores características hápticas). Estes pressupostos permitiram a sua utilização para operar o método NavTap. A tecla central é também mais próxima e fácil de detectar. Esta abordagem permitiu também que a restante parte do teclado pudesse ser utilizada como um repositório de funções especiais. Mais uma vez, para facilitar o processo de identificação táctil das teclas as funções especiais foram estrategicamente colocadas nos cantos do teclado ('1 ','3','5 ',' \* ','#'); **2) Letra de Aceitação** - Os tempos de aceitação podem ser perigosos e têm sido criticados no campo da interacção pessoa-máquina [Raskin00], embora tenham sido comumente utilizados em interfaces de entrada de texto para telemóveis, devido à inerente falta de espaço. Foram identificados dois grandes problemas com o nosso mecanismo de aceitação de letra baseado no tempo. Em primeiro lugar, considerando um contexto móvel, o utilizador está sujeito a interferências que podem levá-lo a interrupções enquanto navega, conduzindo assim a um erro. Em segundo lugar, o tempo limite aumenta a pressão sobre o utilizador, prejudicando a confiança e o processo de aprendizagem. Isso ficou claro no primeiro contacto com os utilizadores. Uma alternativa tornou-se obrigatória. Assim, a tecla central, enquanto se está a realizar uma navegação na matriz, funciona como uma tecla de aceitação. Se for pressionada a tecla central, depois de um carácter ser introduzido (antes de entrar em novo processo de navegação), um espaço é introduzido. A tecla de Apagar, além de apagar a última letra, também desactiva uma navegação indesejada e devolve o sistema a um estado de não-navegação.

No final desta fase de redesenho iterativo e formação, os utilizadores eram capazes de operar eficazmente o dispositivo.

#### 4. AVALIAÇÃO

Já existiram anteriormente indícios de que o nosso método, NavTap, pode ser usado por utilizadores

noviços, de uma forma eficaz, com muito pouco treino. Cinco utilizadores sem experiência com o NavTap conseguiram aprender o método de navegação por vogais num ambiente controlado [Guerreiro08a]. No entanto, este método nunca foi avaliado em cenários reais de utilização, fora do contexto laboratorial.

Assim, o nosso principal objectivo foi avaliar a curva de aprendizagem da população-alvo, com o NavTap, em cenários reais. Este estudo é particularmente importante uma vez que o nosso sistema tem como alvo indivíduos com deficiências visuais, que podem não ter muitas alternativas em controlar os seus dispositivos móveis. Logo, um processo de aprendizagem fácil e autónomo é crucial para a adopção do sistema. O nosso método deve ser eficaz num primeiro contacto, quando os utilizadores ainda são noviços (embora possa ser lento quando comparado com uma utilização proficiente dos métodos de multi-toque), e ainda assim oferecer um elevado grau de melhoramento à medida que o utilizador se torna mais proficiente. Além disso, este processo de aprendizagem deverá ser fácil e natural.

Um segundo foco do nosso estudo foi na utilização diária do nosso sistema, em particular nas funcionalidades mais usadas e hábitos de comunicação dos utilizadores. Quisemos também analisar qual o impacto do sistema na utilização de dispositivos móveis, hábitos e interacções sociais.

Apesar de toda a nossa investigação ter sido focada na utilização do sistema em contextos fora do ambiente laboratorial, foram também efectuadas sessões de avaliação controladas de modo a analisar o desempenho e aprendizagem dos participantes ao longo do tempo. Durante este estudo tentámos ainda perceber quais os principais problemas e dificuldades de cada participante, de modo a identificar a sua fonte e encontrar a melhor solução para cada caso particular.

Assim, este estudo pretende responder às seguintes questões:

- 1) Conseguem os utilizadores usar o método NavTap?
- 2) Os participantes atingem o nível de utilizador experiente com o método NavTap?
- 3) O NavTap suporta as necessidades sociais dos participantes?
- 4) Quais os problemas relacionados com o NavTap que foram identificados num estudo a longo-termo, que não foram anteriormente identificados?

#### 4.1 Procedimento

De modo a avaliar a experiência de aprendizagem dos utilizadores com o método NavTap desenvolvemos um protótipo funcional, que possui as funcionalidades de um telemóvel comum (ver Secção 3). Depois das sessões de aprendizagem e desenho iniciais, cedemos os dispositivos aos participantes para que estes os utilizassem no seu dia-a-dia.

O método de avaliação consistiu na análise da utilização diária do sistema, capturada através de um mecanismo de registo das acções dos utilizadores (a privacidade e informação pessoal dos participantes foi salvaguardada). Realizamos também sessões de avaliação semanais em um ambiente controlado, de modo a obter uma linha de comparação base com os resultados obtidos na utilização diária do NavTap. Nestas sessões os participantes eram convidados a inserir 3 frases (diferentes entre elas e entre sessões). Estas frases tinham 3 níveis de dificuldade, baseados no seu tamanho e toques por carácter (TPC) para o melhor caso teórico. Os tamanhos escolhidos para o nível curto, médio e longo, foram de 6, 11 e 17 caracteres, respectivamente. Estes tamanhos não têm nenhuma justificação especial e tiveram apenas como objectivo manter os tamanhos e dificuldades coerentes ao longo das várias semanas (embora as palavras variassem).

As sessões de avaliação tiveram lugar num centro de formação para deficientes visuais durante um período de 16 semanas (13 sessões). De forma a comparar o desempenho dos utilizadores antes e depois da entrega dos dispositivos efectuamos duas sessões de avaliação ainda durante a fase de aprendizagem.

## 4.2 Participantes

Neste estudo a longo-termo contámos inicialmente com oito participantes, formandos do centro de formação onde as nossas sessões de avaliação foram efectuadas. No entanto, três dos participantes tiveram de abandonar o nosso estudo, porque os seus cursos no centro de formação terminaram. A Tabela 1 ilustra as características dos restantes participantes. O grupo alvo era composto por 5 elementos, 2 do sexo masculino e 3 do sexo feminino, com idades compreendidas entre os 44 e 61 anos. Todos os participantes usavam os seus dispositivos móveis diariamente, apenas para efectuar e receber chamadas. Todos os elementos do nosso grupo alvo necessitavam de um leitor de ecrã para poderem aceder à informação disponível no seu dispositivo móvel ou computador pessoal. No entanto, apenas 3 participantes (P01, P03 e P04) usavam este tipo de tecnologia regularmente.

Participante	Sexo	Idade	Educação	Tempo com deficiência
P01	M	49	Lic.	46 anos
P02	F	44	4ª	1 ano
P03	F	51	4ª	10 anos
P04	F	59	4ª	12 anos
P05	M	61	9º	11 anos

**Tabela 1: Caracterização dos participantes.**

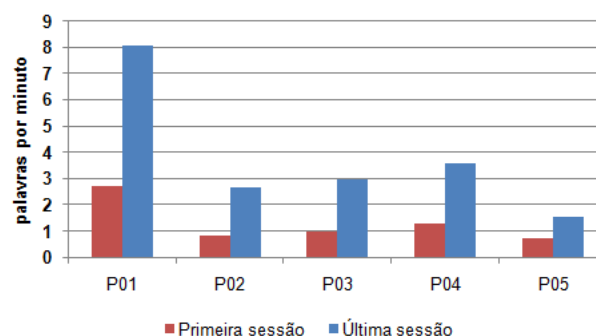
P01 é cego desde os 3 anos e aprendeu Braille aos 8 anos de idade. Este participante trabalha com computadores pessoais e sintetizadores de fala há 16 anos. Tem uma licenciatura em Psicologia e boas capacidades de

raciocínio e memória. No entanto, apenas conseguia efectuar e receber chamadas, porque o seu dispositivo móvel não possuía nenhum leitor de ecrã.

P02 era a participante mais nova, com 44 anos, e começou a perder a sua visão há um ano. Este processo progressivo de cegueira revelou-se ser bastante penoso e stressante, reflectindo-se nos seus comportamentos e estado de espírito. Possui um nível literário relativamente baixo (4ª classe) e de acordo com o psicólogo do centro de formação, tem também algumas dificuldades ao nível da aprendizagem e memorização.

P03 comprou recentemente um leitor de ecrã para o seu telemóvel, no entanto apenas consegue ouvir mensagens, efectuar e receber chamadas. Até ao início do nosso estudo esta participante não conseguia introduzir texto no seu dispositivo, com o método tradicional (i.e. Multitap), ou efectuar tarefas mais complexas, tais como a gestão de contactos.

P04 era cego há 12 anos e nunca aprendeu o alfabeto Braille. Ela usava um leitor de ecrã no seu telemóvel há 3 anos, mas apenas conseguia efectuar as tarefas mais comuns. Apesar de conseguir também ouvir mensagens escritas, era incapaz de responder.



**Figura 2 - Palavras por minuto na primeira e última sessão**

P05 começou a perder a visão há 11 anos, com 55 anos de idade, devido a diabetes. A acrescentar às dificuldades cognitivas e motoras próprias da sua idade, o seu sistema nervoso e capacidades tácteis foram também bastante afectados pela diabetes. A perda destas capacidades, em particular o tacto, afectou bastante a sua interacção com diversos dispositivos, em especial aqueles com botões menos salientes.

Concluindo, o nosso grupo alvo possui uma grande variedade de capacidades sensoriais, de aprendizagem e memória devido às suas idades, doenças e deficiências. Além disso, alguns dos participantes estão a perder rapidamente a sua visão residual ou tacto, que consequentemente se reflecte nos seus comportamentos, concentração e, no limite, nos resultados obtidos.

## 4.3 Resultados

Nas secções seguintes iremos apresentar os resultados chave em relação às sessões de avaliação controladas, bem como relativo à utilização diária e como esta



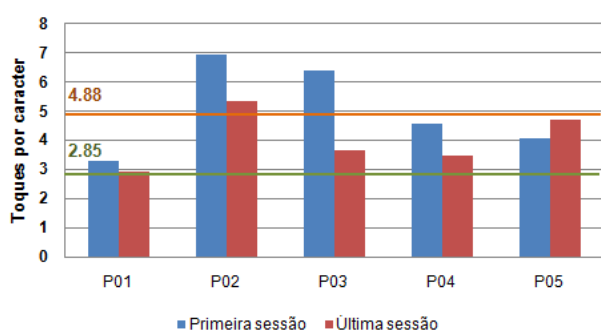
influencia o desempenho dos participantes na introdução de texto.

Devido ao número limitado de participantes o nosso objectivo não é apresentar resultados estatisticamente relevantes, mas antes tentar perceber as dificuldades e problemas de cada utilizador. Na secção final realçamos algumas das principais observações acerca de cada participante, de modo a tentar perceber alguns dos seus comportamentos e resultados.

#### 4.3.1 Resultados das Sessões Controladas

Para observar a experiência de aprendizagem dos participantes, num ambiente controlado, recolhemos semanalmente 3 frases ao longo de 13 sessões.

A Figura 2 mostra o número de palavras por minuto (PPM) de cada participante na primeira e última sessão. Em geral, todos os participantes demonstraram uma grande melhoria no seu desempenho. Na primeira sessão o número de palavras por minuto variou entre 0.7 e 2.7. Ao longo das 13 sessões (16 semanas), os participantes atingiram, pelo menos, o dobro do desempenho inicial com valores entre 1.6 e 8.46 palavras por minuto. P01 obteve a maior melhoria de 2.7 para 8.46 palavras por minuto, indicando que os restantes participantes ainda têm margem para aprendizagem.



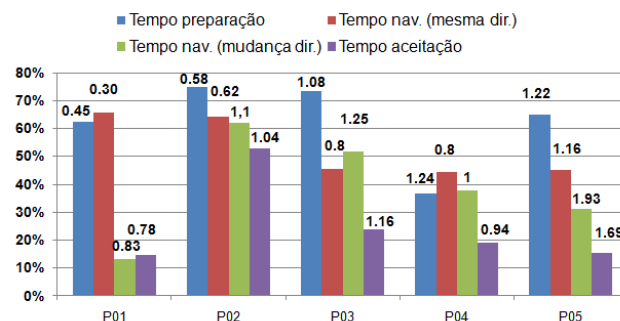
**Figura 3 - Toques por carácter na primeira e última sessão. As linhas de baixo (2.85) e de cima (4.88) correspondem aos casos teóricos em 4 e 2 direcções**

Toques por carácter corresponde ao número de toques, em média, para seleccionar cada carácter de um texto, numa dada linguagem, usando um dado método de introdução de texto [MacKenzie07]. A Figura 3 representa os TPC na primeira e última sessão para cada participante. Apesar de alguns participantes seguirem a abordagem *naive* na primeira sessão, à medida que o seu modelo mental do alfabeto vai melhorando, começam a seguir as abordagens a duas e quatro direcções. Comparando as melhorias de TPC e PPM, a segunda é muito maior, indicando que os participantes começam a memorizar caminhos e a executá-los mais rapidamente, porque se sentem mais confortáveis e confiantes a usar o método NavTap. Podemos concluir, que o impacto do tempo entre toques nas teclas foi maior do que o resultante de uma melhor navegação (i.e. por caminhos mais curtos). No entanto, os participantes aprendem novos caminhos e aqueles que começaram com uma

abordagem *naive* rapidamente enriquecem o seu modelo mental do alfabeto e passam os valores teóricos da navegação a duas direcções (excepto P02). Além disso, três dos participantes ficam muito próximos de atingir o melhor caso teórico (quatro direcções), o que indica que o NavTap é fácil de usar num primeiro contacto e demonstra uma boa curva de aprendizagem. Este ponto já tinha sido verificado nos estudos realizados com utilizadores novos, apresentados em [Guerreiro08a].

A Figura 4 mostra a melhoria (%) em média para os tempos de preparação, navegação e aceitação, entre a primeira e última sessão. Em geral os participantes demonstraram uma boa melhoria em todos os tempos, com excepção do tempo de aceitação. O tempo de aceitação corresponde ao tempo entre o momento em que o participante ouve a letra e a aceita, pressionando o botão central do cursor. Na sessão final o tempo de aceitação médio variou entre 0.78 e 1.69 segundos.

Tal como foi dito anteriormente, à medida que os participantes se tornaram mais proficientes com o NavTap e com o método de navegação em vogais, os seus tempos de navegação entre caracteres melhoraram, o que se reflectiu no número de palavras por minuto (Figura 2). O tempo de navegação entre letras, na mesma direcção, teve uma melhoria, em média, entre 45% e 66% (o tempo médio na última sessão foi de 0.74 segundos). Por outro lado, a melhoria no tempo de navegação entre letras que se encontravam noutra linha/coluna foi mais pequena, situando-se entre os 13% e 62%.



**Figura 4: Melhoria (%) nos tempos de preparação, navegação e aceitação, entre a primeira e a última sessão. Os números acima das barras indicam o valor da última sessão, em segundos.**

Um facto interessante é que o tempo com maior melhoria, desde a primeira sessão, foi o tempo de preparação. Apesar de os participantes melhorarem os TPC, recorrendo a caminhos mais curtos e mais complexos, tal não afectou o tempo de preparação (i.e. tempo para começar a navegação). Pode-se assim argumentar que a melhoria dos caminhos não afectou a carga cognitiva dos participantes, podendo os novos caminhos serem descobertos de uma forma natural.

A taxa de erro (i.e. o número de vezes que o participante apaga um carácter) ao longo das sessões esteve entre 1% e 4%, indicando que os participantes geralmente não cometem erros. Para perceber a qualidade das frases

transcritas, analisámos a taxa de erro da distância mínima entre a frase objectivo e a frase transcrita (*Minimum String Distance Error Rate*) [MacKenzie07]. As frases transcritas pelos participantes P01 e P04 foram exactamente iguais às frases propostas em todas as sessões. Os participantes P02 e P03 obtiveram uma taxa, não significativa, de 3%, o que corresponde a um erro por sessão na frase transcrita. P05 teve a maior taxa, com apenas 8%. Estes resultados indicam que o NavTap é realmente fácil de usar e ajuda os utilizadores na sua tarefa de introdução de texto, prevenindo erros e consequentemente minimizando cenários de frustração.

Após estas sessões de avaliação realizamos um questionário de modo a obter a opinião dos utilizadores em relação ao NavTap. Os participantes especificaram o seu grau de concordância numa escala Likert de 5 pontos (1 = Discordo fortemente, 5 = Concordo fortemente). Os resultados são aqui apresentados sob a forma de - Afirmação (mediana, interquartile-range): fácil de usar (5, 0); rápido de usar (4, 0); fácil de aprender (5, 0); sente-se em controlo (5, 0); melhorou com a prática (4, 2); torna o telemóvel acessível (5, 0); aumenta a capacidade de comunicação (5, 0). Em geral os resultados obtidos são bastante elevados e consistentes, à excepção da afirmação “melhor com a prática”. Este facto pode ser explicado, porque P01 não sentiu que tenha melhorado significativamente, uma vez que já era bastante bom na primeira sessão. No entanto este participante obteve a maior melhoria no número de palavras por minuto ao longo das sessões. Por outro lado, o participante P05 teve uma utilização bastante limitada das mensagens escritas e consequentemente a sua melhoria foi reduzida.

#### 4.3.2 Resultados de Utilização Diária

Tal como foi dito anteriormente, apesar de os participantes usarem os seus (antigos) telemóveis diariamente, a sua utilização era bastante limitada. A maioria dos participantes apenas conseguia efectuar e receber chamadas de voz para um número bastante limitado de contactos (mesmo aqueles com leitor de ecrã). Devido à incapacidade de aprenderem o método de introdução de texto tradicional (i.e. Multitap), não conseguiam realizar tarefas mais complexas, tais como a gestão de contactos (adicionar, apagar, editar ou procurar) ou enviar mensagens escritas.

Os resultados apresentados nesta secção e a utilização do sistema podem ser influenciados por um grande número de factores, alguns dos quais não conseguimos controlar, tais como factores sociais ou económicos. Assim, ao longo deste estudo tivemos sempre como objectivo tentar perceber a causa de cada padrão de utilização.

Em geral, os participantes gostaram do nosso sistema desde o primeiro dia e mostraram um grande entusiasmo em usá-lo. O nosso grupo alvo, com cinco participantes, recebeu e enviou 678 e 797 chamadas, respectivamente, durante um período de 16 semanas. Apesar de ser um bom resultado, não temos qualquer base de comparação em relação à utilização das chamadas de voz antes da adopção do nosso sistema. No entanto, relativamente às

mensagens escritas sabemos que nenhum dos participantes conseguia enviar SMSs antes de usar o nosso sistema. Os resultados obtidos foram surpreendentes e impressionantes. No total foram recebidas 1200 e enviadas 1825 mensagens escritas.

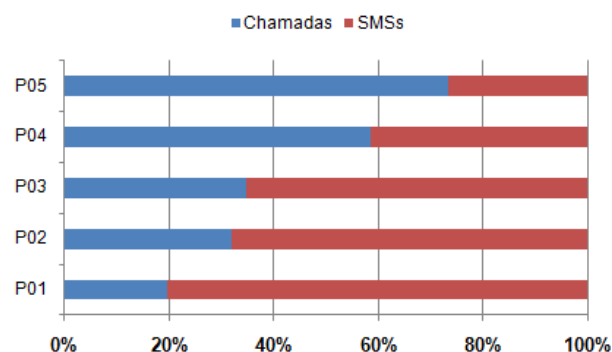


Figura 5: Método de comunicação utilizado.

A Figura 5 representa a percentagem dos métodos de comunicação usados durante 16 semanas. Três dos participantes preferiram o uso de SMSs às chamadas de voz, e os restantes participantes tiveram uma utilização superior a 20%. Estes resultados indicam que as mensagens escritas são úteis para a população deficiente visual, mas também que o nosso método foi capaz de dar resposta a essa necessidade. É importante notar que nenhum dos participantes era capaz de enviar SMSs com os seus antigos telemóveis.

Relativamente à gestão de contactos, os participantes adicionaram um total de 133 contactos e apagaram 26. A procura de contactos foi a tarefa mais usada (Figura 6) e pode ser facilmente explicado, visto ser uma sub-tarefa de enviar mensagem, efectuar chamada ou apagar contacto. No entanto este resultado indica que os participantes foram capazes de introduzir texto facilmente e realizar tarefas mais complexas.

Concluindo, antes de usarem o nosso sistema, o grupo alvo tinha uma utilização bastante restrita dos seus dispositivos móveis, devido à inadequação às suas capacidades e necessidades. O NavTap permitiu a estes utilizadores fazer um uso mais eficiente dos seus dispositivos, aumentando a sua inclusão social e assistindo-os nas suas tarefas diárias.

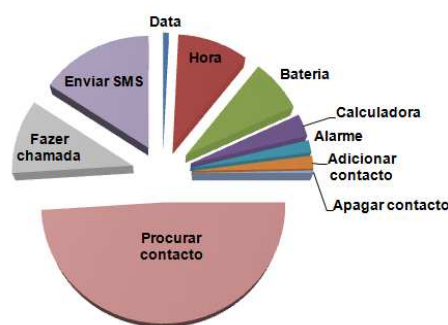


Figura 6: Funcionalidades mais usadas.



### 4.3.3 Influência da Utilização

Nos nossos estudos anteriores avaliamos a aprendizagem do nosso método, NavTap, num ambiente laboratorial apenas durante 3 sessões, o que significa que a margem de melhoria dos participantes poderia estar limitada. Durante esta investigação quisemos observar se a utilização diária influenciava a experiência de aprendizagem de algum modo. A Figura 7 mostra a evolução do número de palavras por minuto (nas sessões controladas) do nosso grupo alvo, de acordo com o número de mensagens escritas enviadas. É de notar que as primeiras 40 mensagens tiveram o maior impacto no desempenho dos participantes, com excepção do participante P02 que apesar de ter uma grande actividade social a sua melhoria foi bastante lenta quando comparada com a dos restantes participantes.

A Figura 7 ilustra também a diversidade da nossa população, em relação à actividade social e desempenho. Os participantes P02, P03 e P04 atingiram o mesmo nível de palavras por minuto, apesar do número de mensagens enviadas ser bastante diferente.

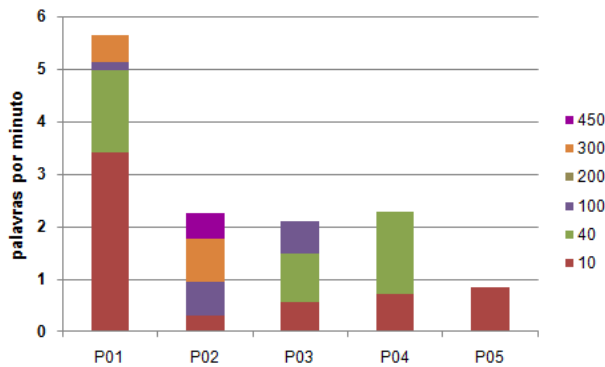


Figura 7: Impacto das SMSs enviadas nas PPM.

A Figura 8 mostra a influência das mensagens de texto na melhoria dos toques por carácter. A percentagem representa a melhoria de desempenho. Em geral, os participantes demonstraram a maior melhoria também nas primeiras 40 mensagens escritas. Mais uma vez a excepção tem de ser feita à participante P02, que teve uma curva de aprendizagem diferente, apesar de ter elevado número de SMSs enviadas. O participante P05 não está representado na Figura 8, porque não melhorou o número de TPC (Figura 3). No entanto o seu desempenho foi sempre melhor que o caso teórico a duas direcções, o que demonstra que mesmo com pouca experiência (i.e. menos de 15 mensagens de texto), o NavTap é facilmente compreendido e usado.

### 4.3.4 Observando cada Utilizador em Detalhe

Para perceber alguns dos comportamentos que podem ter afectado o nosso grupo alvo, em particular os resultados obtidos, vamos ilustrar algumas das principais observações acerca de cada participante.

Desde o primeiro dia o participante P01 teve uma boa compreensão do nosso sistema, em particular do método de introdução de texto, NavTap. Este participante possuía

um grau de habilitações literárias acima da média (Licenciatura) e um modelo mental do alfabeto bastante bom. Assim, foi bastante fácil para o participante começar a usar uma abordagem a quatro direcções, desde a sessão de aprendizagem (Figura 3). Por outro lado, isto deu-lhe uma margem de melhoria baixa, em especial nos TPC (justificado pela proximidade do máximo teórico). As suas maiores melhorias foram nos tempos de navegação e preparação, atingindo os 0.3 e 0.45 segundos, respectivamente. Pela nossa experiência, este participante encontra-se muito próximo de atingir o limite teórico do método.

Por outro lado, a participante P02, de acordo com o psicólogo do centro de formação, tem algumas dificuldades de aprendizagem. Na primeira sessão de aprendizagem, esta participante afirmou que nunca iria conseguir escrever texto num telemóvel. No entanto, depois de alguns minutos de prática ela foi capaz de navegar pelo alfabeto e escrever uma frase, apesar de usar a abordagem *naive*. O seu interesse no nosso método de introdução de texto tem crescido desde então e actualmente já segue uma abordagem a duas direcções, quase perfeita. Além disso, a participante P02 conseguiu melhorar os seus tempos de preparação, navegação e aceitação (Figura 4), o que demonstra um uso confortável do nosso sistema. A sua inclusão social foi enorme, apesar das suas dificuldades. Enviou um total de 625 mensagens de texto (metade do total de SMSs enviadas pelo grupo) durante um período de 16 semanas. Devido às suas limitações e porque este foi o único método de introdução de texto que foi capaz de usar, tornou-se, sem dúvida, um caso de sucesso.

O participante P05 foi o único que não melhorou os seus TPC durante este estudo (Figura 3), podendo sugerir que o nosso método é difícil de aprender. No entanto, isto aconteceu porque o participante não praticou e realizou poucas tarefas de introdução de texto. Este comportamento foi fortemente influenciado por factores sociais e económicos, os quais não conseguimos controlar ou antecipar. De facto este participante teve uma utilização bastante reduzida do seu dispositivo móvel e apenas ligava à sua esposa, uma ou duas vezes por dia. Assim, o participante manteve a sua abordagem de navegação, desde a primeira sessão, que já era melhor que o caso teórico a duas direcções, aumentando ainda o seu desempenho. Estes resultados sugerem que o NavTap

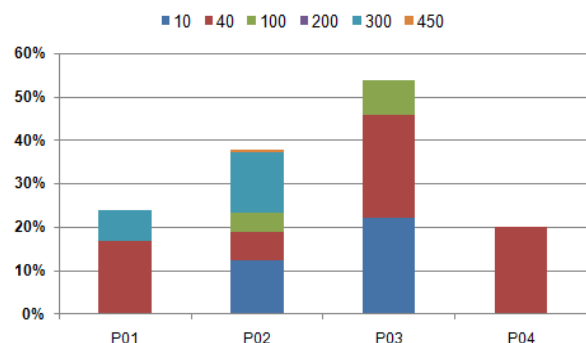


Figura 8: Impacto das SMSs enviadas nos TPC.

é fácil de usar e natural, a partir do primeiro contacto, mesmo sem treino.

## 5. CONCLUSÕES

Os dispositivos móveis têm um papel importante na sociedade moderna. No entanto, na maioria das vezes, estes estão inacessíveis a utilizadores cegos, devido às suas interfaces visualmente exigentes. As abordagens actuais, como os leitores de ecrãs, revelam-se inadequadas às necessidades dos utilizadores, especialmente para aqueles que enfrentam maiores dificuldades, pois são exigentes a outros níveis para além da visão. O NavTap é uma solução a este problema, permitindo aos utilizadores controlarem facilmente os seus dispositivos móveis. O nosso principal objectivo neste trabalho foi estudar a experiência de aprendizagem dos utilizadores com o método NavTap num cenário real, fora do ambiente laboratorial. Queríamos também observar se os utilizadores conseguiam utilizar os seus dispositivos diariamente e qual o impacto no seu desempenho.

Todos os participantes neste estudo conseguiram perceber e utilizar o nosso método de introdução de texto depois de alguns minutos de treino, apesar de apresentarem diferentes graus de desempenho. As maiores melhorias reflectiram-se nas duas primeiras semanas de utilização, indicando que os participantes se sentiram em controlo e confortáveis ao interagir com os seus dispositivos móveis.

Nesta investigação também estudamos os padrões de comunicação de cada participante e apesar de estes serem influenciados por diversos factores (e.g. económicos e sociais), a escrita de mensagens revelou ser um método de comunicação importante para utilizadores cegos. Alguns dos participantes adoptaram as SMSs como o seu meio de comunicação primário, devido a restrições contextuais (ou até económicas).

Todos os participantes estão actualmente a usar o NavTap e o nosso protótipo como sistema principal, o que revela que é de facto útil. Mesmo aqueles com leitores de ecrã preferiram o NavTap, devido à sua facilidade de utilização.

Apesar da diversidade das capacidades dos participantes ao nível de aprendizagem e memória, o NavTap revelou-se acessível a todos. Os resultados sugerem que utilizadores com mais instrução têm um melhor desempenho num primeiro contacto com o sistema, mas ainda melhoram com uma maior utilização. Por outro lado, utilizadores com maiores dificuldades, apesar de ser com menos eficiência, conseguem também controlar os seus dispositivos.

Concluindo, de modo a validar um método de introdução de texto ou outro método de comunicação é necessário submetê-lo a um cenário de utilização real com a população alvo. Só assim pudemos ter acesso a uma verdadeira experiência de aprendizagem e observar o impacto na sua inclusão social.

Como trabalho futuro iremos estudar a aprendizagem do método tradicional, Multitap, em cenário não-laboratorial, tal como fizemos com o método NavTap, e comparar ambas as abordagens. Pretendemos também avaliar ambos os métodos de introdução de texto com a população alvo com diferentes níveis de experiência. Finalmente, iremos explorar a diversidade de utilizadores e maximizar o seu desempenho e aprendizagem, tendo em conta as suas características individuais (demográficas, físicas, cognitivas, sensoriais).

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Raquel Martin Sain, aos utilizadores que participaram no estudo e à Loquendo. Tiago Guerreiro e Hugo Nicolau foram apoiados pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através das bolsas SFRH/BD/28110 /2006 e SFRH/BD/46748/2008, respectivamente.

## 7. REFERÊNCIAS

- [Guerreiro08a] Guerreiro, T. et al. Navtap and Brailletap: Non-visual input interfaces. In *Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America Conference*, June 2008.
- [Guerreiro08b] Guerreiro, T. et al. From tapping to touching: Making touch screens accessible to blind users. *IEEE MultiMedia*, 15(4):48–50, 2008.
- [Kane08] Kane, S. K. et al. Slide rule: making mobile touch screens accessible to blind people using multi-touch interaction techniques. In *Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, 73–80. ACM, 2008.
- [Lagoa07] Lagoa, P. et al. BloNo: A New Mobile Text-Entry Interface for the Visually Impaired. Springer LNCS, HCII, 2007.
- [MacKenzie07] MacKenzie I. S. e Tanaka-Ishii, K.. *Text Entry Systems: Mobility, Accessibility, Universality*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2007.
- [Raskin00] Raskin, J., *The Humane Interface: New Directions for Designing Interactive Systems*, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, 2000.
- [Sears03] Sears, A. et al. When computers fade: Pervasive computing and situationally induced impairments and disabilities. In *Proceedings of HCI International*, volume 2, 1298–1302, 2003.
- [Silfverberg00] Silfverberg, M. et al. Predicting text entry speed on mobile phones. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 9–16. ACM, 2000.
- [WHO08] W. H. Organization. Magnitude and causes of visual impairment, 2008. Última visita a 2009/05/08: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/>.
- [Yfantidis06] Yfantidis, G. e Evreinov, G.. Adaptive blind interaction technique for touchscreens. *Universal Access in the Information Society*, 4(4):344–353, 2006.