

**Estudo de Usabilidade em Sistemas Móveis com Foco
em PDAs**

Junia Maria Martins Neves

Trabalho Final de Mestrado Profissional

Estudo de Usabilidade em Sistemas Móveis com Foco em PDAs

Junia Maria Martins Neves

Agosto de 2005

Banca Examinadora:

- Profa. Dra. Heloisa Vieira da Rocha (Orientadora)
Instituto de Computação – UNICAMP
- Prof. Dra. Maria Cecília Calani Baranauskas
Instituto de Computação – UNICAMP
- Prof. Dr. Ivan Luiz Marques Ricarte
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – UNICAMP

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO IMECC DA UNICAMP**

Bibliotecário: Maria Júlia Milani Rodrigues – CRB8a / 2116

Neves, Junia Maria Martins

N414e Estudo de usabilidade em sistemas móveis com foco em PDAs /

Junia Maria Martins Neves -- Campinas, [S.P. :s.n.], 2005.

Orientadora : Heloisa Vieira da Rocha

Trabalho final (mestrado profissional) - Universidade Estadual de
Campinas, Instituto de Computação.

1. Interação homem-máquina. 2. Computação móvel. 3. Interfaces
de usuário (Sistema de computador). I. Rocha, Heloisa Vieira da . II.
Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Computação. III.
Título.

Título em inglês: Mobile usability survey - Approaching PDAs.

Palavras-chave em inglês (Keywords): 1. Human-computer interaction. 2. Mobile computing. 3.
User interfaces (Computer systems)

Área de concentração: Interfaces Homem-Computador

Titulação: Mestre em Computação

Banca examinadora: Profa. Dra. Heloisa Vieira da Rocha (IC-UNICAMP)
 Profa. Dra. Maria Cecília Calani Baranauskas (IC-UNICAMP)
 Prof. Dr. Ivan Luiz Marques Ricarte (FEEC-UNICAMP)

Data da defesa: 26/08/2005

Estudo de Usabilidade em Sistemas Móveis com Foco em PDAs

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho Final devidamente corrigida e defendida por Junia Maria Martins Neves e aprovada pela Banca Examinadora.

Campinas, 26 de agosto de 2005

Profa. Dra. Heloisa Vieira da Rocha
(Orientadora)

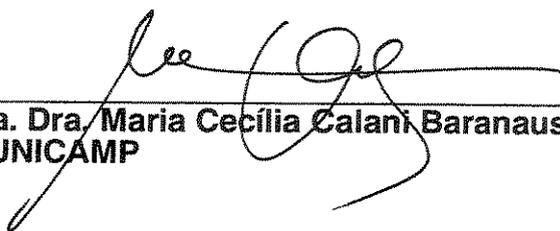
Trabalho Final apresentado ao Instituto de Computação, UNICAMP, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação na Área de Engenharia da Computação.

TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho Final Escrito defendido e aprovado em 26 de agosto de 2005, pela Banca Examinadora composta pelos Professores Doutores:



Prof. Dr. Ivan Luiz Marques Ricarte
FEEC - UNICAMP



Profa. Dra. Maria Cecília Calani Baranauskas
IC - UNICAMP



Profa. Dra. Heloisa Vieira da Rocha
IC - UNICAMP

© Junia Maria Martins Neves, 2005.
Todos os direitos reservados.

Resumo

O paradigma da computação ubíqua e pervasiva vem sendo viabilizado pelo desenvolvimento das tecnologias móveis. A comunicação sem fio torna nosso cotidiano cada dia mais permeado por aparelhos de informação e tecnologias nômades como laptops, PDAs e celulares. Entretanto, a tecnologia móvel encontra-se longe de atingir seu potencial de uso e estudos são unânimes em apontar a experiência negativa do usuário como maior obstáculo à sua expansão. Por meio do presente estudo, que revê o estado da arte da usabilidade móvel e tem foco particular em PDAs, pretendemos contribuir para a superação dos problemas de usabilidade que impedem o alcance de uma melhor experiência para o usuário e, conseqüentemente, contribuir também para o sucesso da tecnologia móvel. Em suma, ao considerar a usabilidade móvel, pretendemos auxiliar a tecnologia móvel a ampliar ainda mais as possibilidades do homem comum ao prover suporte eficiente às várias esferas do seu cotidiano, *em qualquer lugar, a qualquer hora.*

Abstract

Ubiquitous and pervasive computing paradigm has been turned into reality by mobile technology. Wireless communication makes our daily activities more and more pervaded by information appliances and nomad technologies such as laptops, PDAs and mobile phones. However, mobile technology is far from reaching its potential of use and studies are unanimous to point a poor user experience as the main obstacle to its further expansion. By means of this study, which reviews the state of art of mobile usability and focuses particularly in PDAs, we intend to contribute to overcome the problems that hinder a better user experience and, consequently, contribute as well to mobile technology success. In summary, by considering mobile usability, we intend to help mobile technology to broaden people possibilities as it provides effective support to the several aspects of their everyday life, *anytime, anywhere*.

Dedicatória

Dedico este trabalho a alguém que dispensa elogios e superlativos, meu marido, Douglas.

Agradecimentos

O desafio começou no primeiro semestre de 2004, quando cursei Fatores Humanos em Interação Humano-Computador, com a Professora Heloísa. Para quem toda visão do desenvolvimento de sistemas passava pela Engenharia de Software, este curso foi uma experiência transformadora. Mais do que completar minha formação ou experiência profissional, o curso despertou meu olhar e sensibilidade para a importância de elementos-chave neste universo, que eu percebia de forma limitada ou dos quais tinha uma visão distorcida: o usuário, a interface, o processo de interação, o poder ir além na percepção de qualidade de software, identificando-a com qualidade do uso.

É natural, assim, que eu agradeça primeiramente à minha orientadora Heloísa pelo privilégio desta experiência, por sua ajuda com meu dilema entre desenvolver um trabalho na área de Engenharia de Software ou Interface Humano-Computador e por me acolher com uma proposta tão interessante. Agradeço ainda pela confiança e pelo constante incentivo que recebi durante o desenvolvimento deste trabalho .

Agradeço também à Unicamp e ao Instituto de Computação por ajudar a viabilizar meus estudos através da concessão de bolsa parcial.

Gostaria de citar nominalmente todos que, mesmo de forma indireta, contribuíram para que este trabalho se concretizasse, mas, como isto não é possível, quero expressar minha profunda gratidão a todos os meus amigos e familiares, na esperança de que todos, sem exceção, sintam-se incluídos. Não poderia, contudo, deixar de mencionar o indispensável apoio que recebi de meus pais Glória e Noraldo e da minha avó Madalena.

Terminaria aqui, já que não encontro palavras para traduzir a importância que o meu marido Douglas teve nesta jornada. Mas preciso correr o risco de dar mesmo uma idéia parca do significado de sua presença neste (e em tantos outros) momento(s) de minha vida. Nele sempre encontro um porto seguro e inesgotável de amor, amizade, apoio, estímulo e paciência. Sem ele, os momentos de cansaço e incerteza (que não foram poucos...) teriam me consumido. A ele o meu amor e gratidão eternos.

Conteúdo

Resumo	vi
Abstract	vii
Dedicatória	viii
Agradecimentos	ix
Conteúdo	x
Lista de Tabelas	xi
Lista de Figuras	xii
Lista de Acrônimos e Siglas	xiii
Capítulo 1 - Introdução	1
1.1 Motivação	3
1.2 Objetivo	4
1.3 Organização do Documento	5
Capítulo 2 – Mobilidade	7
2.1 Introdução	7
2.2 Aspectos Sociais e Humanos	8
2.3 Aspectos Tecnológicos	12
2.4 Contexto Variável	13
2.5 Computação Cotidiana (<i>Everyday Computing</i>)	16
2.6 Considerações Finais	20
Capítulo 3 – Usabilidade	21
3.1 Visão Geral	21
3.1.1 Caracterizando Usabilidade	24
3.1.2 Engenharia de Usabilidade	28
3.2 Usabilidade em Sistemas Móveis	33
3.2.1 O Usuário de Tecnologia Móvel	34
3.2.2 Sistemas Fixos x Sistemas Móveis	36
3.3.3 Caracterizando Usabilidade em Sistemas Móveis	37
3.2.4 <i>Guidelines</i>	39
3.2.5 Considerações Finais	43
Capítulo 4 – Personal Digital Assistants (PDAs)	47
4.1 Histórico	47
4.2 Aplicações	52
4.3 Interface com o Usuário	59
4.4 Problemas de Usabilidade	62
4.4.1 O Tamanho da Tela	63
4.4.2 Entrada de Dados	68
4.4.3 O Contexto de Uso	69
4.4.4 Considerações Finais	73
Capítulo 5 – Avaliação de Usabilidade	75
5.1 Visão Geral	75
5.1.1 Métodos de Avaliação	81

5.1.2 Problemas Relacionados	87
5.2 Avaliação de Usabilidade em Sistemas Móveis	95
5.2.1 Métodos de Inspeção.....	95
5.2.2 Métodos de Teste.....	98
5.2.3 Métodos de Investigação	105
5.2.4 Outras Abordagens	110
5.3 Considerações Finais.....	114
Capítulo 6 - Conclusão e Trabalhos Futuros	115
6.1 Limitações e Trabalhos Futuros	117
Referências.....	119

Lista de Tabelas

<i>Tabela 2-1 – As três dimensões da mobilidade e perspectivas estendidas</i>	9
<i>Tabela 2-2 – Uma taxonomia dos diferentes níveis de mobilidade</i>	11
<i>Tabela 3-1 – Comparativo entre medidas, princípios e atributos apresentados</i>	27
<i>Tabela 3-2 – Guidelines para Sistemas Móveis</i>	45
<i>Tabela 5-1 - Classes de métodos de avaliação</i>	90
<i>Tabela 5-2 – Estratégias para avaliação</i>	92

Lista de Figuras

<i>Figura 1.1 – Principais Tendências em Computação</i>	1
<i>Figura 2.1 - Aplicações embutidas: Carrinho de supermercado (móvel) e Geladeira com Internet (fixa).</i> 12	12
<i>Figura 2.2 - Realidade Virtual x Computação Ubíqua</i>	18
<i>Figura 3.1 – Visão Restrita de usabilidade – Usabilidade como facilidade de uso</i>	21
<i>Figura 3.2 – Requisitos de Qualidade em Projetos de Sistemas</i>	22
<i>Figura 3.3 - Framework da definição de usabilidade de acordo com a norma ISO 9241-11</i>	23
<i>Figura 3.4 – Processo de Engenharia de Usabilidade – Análise e Projeto</i>	29
<i>Figura 3.5 – Processo de Engenharia de Usabilidade</i>	31
<i>Figura 4.1 – Apple Newton MessagePad</i>	48
<i>Figura 4.2 - palmOne Tungsten T5</i>	49
<i>Figura 4.3 – iPAQ h555x</i>	49
<i>Figura 4.4 – BlackBerry 7100T</i>	50
<i>Figura 4.5 – Yopy – YP3500</i>	50
<i>Figura 4.6 - Smartphone Motorola A1010</i>	51
<i>Figura 4.7 – Ultra Personal Computer OQO – Model 01</i>	51
<i>Figura 4.8 – Zodiac da Tapwave – PDA para entretenimento – jogos e multimídia</i>	59

Lista de Acrônimos e Siglas

3G:	Third Generation (de tecnologia para telefonia móvel)
ARM:	Acorn (ou Advanced) RISC Machine
GOMS:	Goals, Operations, Methods and Selection rules
GPRS:	General Packet Radio Service
GUI:	Graphic User Interface
ICT:	Information and Communication Technology
IHC:	Interfaces Humano-Computador
ISO:	International Organization for Standardization
PDA:	Personal Digital Assistant
RFID:	Radio Frequency Identification
RISC:	Reduced (ou Regular) Instruction Set Computer (ou Computing)
SMS:	Short Message Service
UI:	User Interface
WAP:	Wireless Application Protocol
WML:	Wireless Markup Language

Capítulo 1 - Introdução

Segundo *Mark Weiser*, assistimos, desde o final da década de 90, ao início da “terceira onda” em computação [Weiser96]. Como ilustra a Figura 1.1, começamos com os *mainframes*, a partir da década de 40 do século passado, época em que o paradigma era o de um computador central compartilhado por vários usuários - grupo formado por especialistas, tecnocratas e profissionais de computação [Rocha+03].

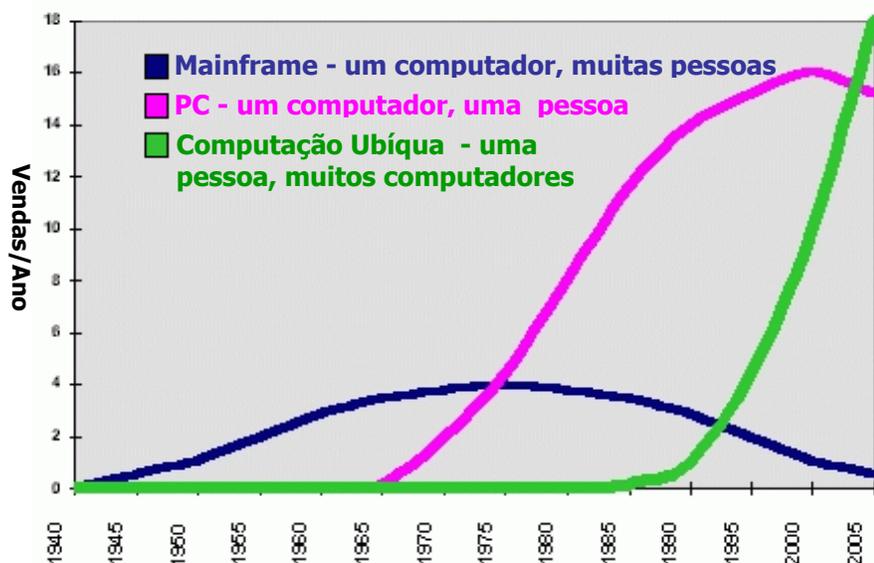


Figura 1.1 – Principais Tendências em Computação - Adaptado de *Weiser* [Weiser96]

A segunda onda, consolidada na década de 70 com o surgimento da micro-informática, é a da computação pessoal - o computador torna-se acessível a todo tipo de profissional e a curiosos [Rocha+03]. O paradigma é o de um computador por pessoa. Mais adiante, nesta fase, o período que compreende as décadas de 80 e 90 trouxe a popularização da computação em rede e da Internet. Passamos a falar em computação coletiva, caracterizada pela evolução do uso do PC (computador pessoal): a rede se torna o computador (CC, computador coletivo) e o PC uma máquina de conexão (os computadores sem conexão seriam instrumentos sub-aproveitados, o verdadeiro computador é a rede) [Lemos04].

A terceira onda definida por *Weiser* é a da computação ubíqua, ou da “tecnologia calma”: falamos aqui de vários computadores operando em segundo plano, para dar suporte às atividades do homem comum [Weiser96].

O paradigma proposto pela “terceira onda” vem sendo viabilizado pelo desenvolvimento das tecnologias móveis. Nosso cotidiano torna-se a cada dia mais permeado por aparelhos de informação [Nielsen00], por meio da comunicação sem fio e de tecnologias nômades como laptops, PDAs e celulares. Conforme constata *Lemos* [Lemos04]:

[...] As tecnologias digitais, e as novas formas de conexão sem fio, criam usos flexíveis do espaço urbano: acesso nômade à Internet, conectividade permanente com os telefones celulares, objetos sencientes que passam informações aos diversos dispositivos, etiquetas de rádio frequência (RFID) que permitem o “*tracking*” de objetos, equipamentos com *bluetooth* que criam redes caseiras, etc. Os impactos estão se fazendo perceber a cada dia. A cidade contemporânea torna-se, cada vez mais, uma cidade da mobilidade onde as tecnologias móveis passam a fazer parte de suas paisagens [...]

Contudo, a computação não se tornará de fato acessível a todos e em todos os lugares, sem que conceitos e métodos tradicionais da área de Interfaces Humano-Computador sejam revistos à luz deste novo paradigma e sem que o (novo) *design* da interação desempenhe papel central no desenvolvimento de sistemas móveis.

Assim, a fim de contribuir para a avaliação da usabilidade de sistemas móveis, bem como para o *design* de sistemas móveis usáveis, apresentamos, neste trabalho, um estudo que procura identificar problemas de usabilidade em *Personal Digital Assistants* (PDAs).

1.1 Motivação

Parece óbvio afirmar que o papel de uma ferramenta de trabalho – seja ela de software ou não – é tornar possível ou facilitar a realização de uma tarefa. Que é ter, na execução de um trabalho qualquer, o papel de torná-lo mais simples, rápido, eficiente e agradável. Igualmente óbvio é afirmar que o que um consumidor, ou um usuário final espera de um instrumento de trabalho é que ele lhe seja útil; que ele cumpra eficientemente o seu propósito, que se possa fazer dele o uso pretendido [Constantine95].

Entretanto, grande parte da comunidade de *designers*, desenvolvedores e outros profissionais da área da computação envolvidos na criação de ferramentas de software e hardware parece ter dificuldade em especificá-las e implementá-las tendo como ponto de partida este princípio: dispositivos de software e hardware são apenas ferramentas [Constantine95] e, como tais, têm o papel de facilitar a realização da tarefa que o usuário se propõe a executar com seu suporte.

Naturalmente, óbvio não é sinônimo de fácil. Produzir ferramentas usáveis não é uma tarefa simples. Isto fica patente ao constataremos quantas ferramentas de software e hardware possuem problemas de usabilidade. Ao constataremos quantas falham em proporcionar que se faça delas o uso ou usos pretendidos. Isto se verifica a despeito do volume de investimentos que grandes corporações aplicam no projeto de tais ferramentas e, mesmo direta e particularmente, no projeto de sua usabilidade.

O estágio atual de avanço das tecnologias da informação e comunicação (*Information and Communication Technologies – ICTs*) nos impõe um ambiente complexo para situar e discutir questões relacionadas à usabilidade. Vivemos uma realidade que caminha para a computação pervasiva e ubíqua ([Abowd+00]; [Carvalho04]; [Lemos04]). Que caminha para a oportunidade de termos ao nosso alcance, continuamente, qualquer recurso ou serviço computacional, independentemente de nossa localização. Nesta perspectiva, as possibilidades de introdução de dispositivos e serviços que facilitem a vida das pessoas, parece ilimitada.

É neste ambiente caracterizado pela computação distribuída, comunicação sem fio e cada vez maior poder de processamento e capacidade de interação dos dispositivos móveis, que identificamos o papel central que a área de Interfaces Humano-Computador desempenha no projeto e desenvolvimento de sistemas móveis. Somente por meio de interfaces usáveis, todo potencial de funcionalidades oferecidos pela tecnologia se converterá em benefício real para as pessoas [Johnson98].

Este cenário de novos paradigmas de interação traz, indubitavelmente, novos desafios à área de Interfaces Humano-Computador.

1.2 Objetivo

Investigaremos, neste trabalho, problemas de usabilidade em aplicações desenvolvidas para dispositivos móveis. Mais especificamente, estaremos concentrados na usabilidade de aplicações desenvolvidas para *Personal Digital Assistants (PDAs)*. Assim, exploraremos:

- suas características;
- cenários, contextos e propósitos de uso;
- as dificuldades encontradas por usuários finais destes dispositivos ;
- as dificuldades encontradas por profissionais envolvidos tanto no projeto quanto na avaliação de sua usabilidade.

Ao explorarmos estes aspectos, pretendemos identificar alguns dos principais problemas relacionados à usabilidade em dispositivos móveis em geral e *PDAs* em particular. Partindo destes problemas, procuraremos contribuir para a análise das dificuldades introduzidas pelo paradigma móvel no teste e avaliação de usabilidade de aplicações. Complementarmente, buscaremos identificar e/ ou contribuir com sugestões para soluções na área de *design* da interface para aplicações nestes dispositivos.

1.3 Organização do Documento

Este trabalho é composto de 7 capítulos, organizados da seguinte forma:

No **Capítulo 2**, discutiremos o tema da mobilidade: serão apresentados aspectos sociais, humanos e tecnológicos deste fenômeno, bem como questões relevantes relacionadas, como a computação ubíqua.

Em seguida, no **Capítulo 3**, discutiremos usabilidade segundo a abordagem tradicional e do ponto de vista de aplicações para dispositivos móveis, com foco em Internet móvel.

No **Capítulo 4** falaremos mais detidamente de PDAs, iniciando por uma visão histórica de seu desenvolvimento e, em seguida, apresentaremos algumas aplicações, discutiremos alguns aspectos relacionados à interface com o usuário, além de discutirmos problemas de usabilidade com este tipo de dispositivos identificados na literatura.

O **Capítulo 5** tratará de avaliação de usabilidade, partindo dos principais tipos de avaliação tradicional, que servirão de base para considerar as particularidades da avaliação de sistemas móveis.

No **Capítulo 6** tecemos as considerações finais deste trabalho.

Capítulo 2 – Mobilidade

2.1 Introdução

As definições genéricas de mobilidade remetem à “qualidade ou estado daquilo que é móvel” ([American], [Priberam]), à “capacidade e vontade de mover-se ou mudar” [Wikipedia]. São definições que apontam para alteração do estado ou da localização de uma entidade.

Em computação, os termos computação móvel e mobilidade se confundem. Quando especializamos este conceito neste contexto, falamos “das características dos dispositivos para tratar do acesso à informação, da comunicação e de transações de negócio enquanto (o usuário está) em movimento” [Wikipedia]. Em outras palavras, estamos aqui preocupados com a mudança de estado e deslocamento de entidades computacionais e, implicitamente, das pessoas que as portam e com elas interagem das mais diversas formas. Outra definição que expressa a mesma idéia, mas coloca o foco no usuário ao invés de na tecnologia, é a que diz que mobilidade é característica do que as pessoas fazem e dispositivos móveis são a tecnologia para dar suporte à mobilidade [Vetere+03].

Um passo além da definição, quando começamos a mergulhar em seu significado e pensar nas implicações da mobilidade para computação e da computação móvel para o homem comum, percebemos que seu estudo implica na investigação de fenômenos psicológicos, sociológicos, organizacionais e ambientais [Johnson98], além dos científicos e tecnológicos.

A seguir, discutimos algumas visões da mobilidade encontradas na literatura, representativas desta multiplicidade de dimensões que devem ser consideradas em seu estudo.

2.2 Aspectos Sociais e Humanos

As duas últimas décadas do século XX assistiram a uma evolução da sociedade industrial que permite defini-la como sociedade pós-industrial ou sociedade da informação. A vida social foi profundamente transformada pelas tecnologias da informação e comunicação (*Information and Communication Technologies* – ICTs), embora devamos reconhecer a revolução tecnológica como resultado da interação entre tecnologias mais antigas – como os meios e sistemas de transporte cada vez mais sofisticados – e as novas tecnologias [Kakihara+02].

Tradicionalmente, a mobilidade é definida em termos da independência em relação à localização geográfica para a realização de tarefas. Neste sentido, ela é claramente restrita à liberdade obtida pelas pessoas por meio do uso de serviços e dispositivos móveis como telefonia celular e *PDA*s. Uma visão de mobilidade bastante alinhada com a complexidade das relações sociais e da tecnologia atual foi elaborada por *Kakihara & Sørensen* [Kakihara+02]. Esta visão estende a abordagem tradicional e tem seu foco em impactos sociais e humanos conseqüentes da (r)evolução das tecnologias de informação e comunicação. Neste trabalho, a mobilidade é apresentada de uma maneira mais abrangente: não é vista somente como um fenômeno relacionado à localização, mas também relacionado à maneira como ocorre a interação social. Os autores defendem que três dimensões da interação humana podem ser consideradas intensamente mobilizadas devido ao uso das ICTs: as dimensões **espacial**, **temporal** e **contextual**.

Na abordagem proposta, o aspecto **espacial** da interação não significa apenas deslocamento geográfico, relaciona-se também

- 1) ao fluxo de **objetos** – bastante complexo em uma economia globalizada;
- 2) ao fluxo de **símbolos** – como na Internet, no ciberespaço, onde a idéia de localização, distância e fronteiras perdem ou têm seu significado dramaticamente transformado;
- 3) ao fluxo de **imagens** e sons – como nas transmissões de rádio e TV via satélite.

A maneira como as novas tecnologias aceleram as atividades sociais como o trabalho, a produção de bens, ou nos fazem poupar tempo, são transformações **temporais** evidentes. Particularmente, as ICTs introduzem em nossas atividades a possibilidade da instantaneidade (com que se adquire ou se troca informação, por exemplo) e a possibilidade de realizar tarefas não só de uma forma

temporalmente linear, uma após a outra (monocrônica), mas também realizando várias atividades em paralelo (policronia).

Finalmente, assim como conhecemos o “onde” e o “quando” da interação com as dimensões espacial e temporal respectivamente, o **contexto**, nos dá informações sobre o “como”, “em que circunstância(s)” e “que ator(es)” participam da interação. Neste sentido, a interação pode variar da não-intrusiva a intrusiva (impõe ou não a obrigação de percepção e reação) e da efêmera à persistente (existe momentaneamente ou deixa rastros). Do ponto de vista social, as ICTs nos proporcionam múltiplas possibilidades de interação, ao mesmo tempo em que nos deixam relativamente livres de aspectos contextuais da interação social, como a cultura, por exemplo. Neste sentido, elas contribuem para mobilizar redes sociais fracamente ligadas, como no ciberespaço ou na comunicação mediada por computador.

A Tabela 2-1 apresenta uma síntese destas idéias.

Tabela 2-1 – As três dimensões da mobilidade e perspectivas estendidas - Adaptado de *Kakihara & Sørensen* [Kakihara+02]

Dimensões da Mobilidade	Aspectos da Interação	Perspectivas Estendidas
Espacial	Onde	→ Movimento geográfico de seres humanos, fluxo de objetos, símbolos, etc.
Temporal	Quando	→ Tempo linear x tempo social → Monocrônico x policrônico
Contextual	→ Como → Em que circunstância(s) → Com que ator(es)	→ Múltiplas modalidades de interação (intrusivo x não intrusivo / efêmero x persistente) → redes sociais ligadas fortemente ou fracamente.

Em suma, esta perspectiva da mobilidade nos dá elementos para vislumbrar o alcance das transformações introduzidas pelo uso das ICTs, ao mostrar as conseqüências de sua influência nas relações sociais e sua capacidade de transformá-las sensivelmente. Podemos constatar ainda como o uso das ICTs e a mobilidade proporcionam ao homem comum novas formas de ver e interagir com o mundo.

O trabalho de *Rodden et al.* [Roden+98] nos oferece, por sua vez, dentro de uma ampla discussão da questão do contexto em computação móvel, uma taxonomia para classificar computação móvel. O primeiro aspecto considerado, o da localização, fala de dispositivos móveis em pontos do espaço e do tempo e, em ambos os casos, que um dado ponto pode pertencer ao mundo real ou à realidade virtual. São consideradas ainda, nesta taxonomia, questões referentes a como o dispositivo móvel se relaciona com o ambiente e a quanto ele é sensível (*aware*) a elementos ou atributos do ambiente. Nos concentraremos, entretanto, em sua classificação no que diz respeito à mobilidade.

Esta visão tem seu foco nas relações dos dispositivos com o ambiente, nas relações dos dispositivos entre si e nas relações entre pessoas e dispositivos. Este trabalho apresenta a mobilidade como composta por três dimensões ou critérios de classificação.

Um critério de classificação ou dimensão diz respeito ao grau de mobilidade (do ponto de vista do deslocamento) de um dispositivo. Assim, eles podem ser considerados:

- 1) **fixos** – nenhuma mobilidade, como os PCs;
- 2) **móveis** – carregados pelos usuários, como um PDA;
- 3) **autônomos** – movem-se sozinhos, como os robôs.

Outro aspecto considerado como critério de classificação é em que grau os dispositivos se relacionam a outros no ambiente, podendo ser

- 1) **livres** – a funcionalidade independe de outros dispositivos;
- 2) **embutidos** – contidos em outros objetos;
- 3) **pervasivos** – a funcionalidade está espalhada pelo ambiente e o serviço fornecido é resultado da relação entre dispositivos ou elementos do ambiente.

Além disso, esta taxonomia para os níveis de mobilidade considera também em que grau uma aplicação está associada a um indivíduo ou grupo. Neste sentido, uma aplicação pode ser

- 1) **pessoal** – dá suporte a atividades de um indivíduo;
- 2) **grupais** – apóia atividades de um determinado grupo;
- 3) **pública** – está disponível para um grande número de pessoas.

Estas diversas dimensões da mobilidade podem ser combinadas, caracterizando dispositivos de hardware, software e serviços. A Tabela 2-2 e a Figura 2.1 ilustram estas relações, por meio de alguns exemplos¹:

Tabela 2-2 – Uma taxonomia dos diferentes níveis de mobilidade – Adaptado de *Rodden et al* [Roden+98].

		Pessoal	Grupal	Público
Livre	Fixo	PC	<i>Liveboard</i> ²	laboratório de computação
	Móvel	PDA	<i>tour guides</i> [Abowd+97]	
	Autônomo			robô em uma montadora de automóveis
Embutido	Fixo		refrigerador com Internet (Figura 2.1)	caixa automático
	Móvel	computadores “vestíveis”	computador de bordo	carrinho de supermercado ³ (Figura 2.1)
	Autônomo		piloto automático	
Pervasivo	Fixo			lojas no filme “ <i>Minority Report</i> ”
	Móvel			computador da nave em “ <i>Jornada nas Estrelas</i> ”
	Autônomo	<i>Web agents</i>		<i>Web crawler</i>

¹ Note que nem todas as combinações são possíveis ou não têm exemplos ainda que em ficção científica.

² “Ferramenta de suporte a encontros de grupos de trabalho, utilizada em apresentações, salas de reuniões e videoconferência. Utiliza projeção de imagens e textos para visualização e permite uma interação dos participantes com os documentos compartilhados.” [Granja+98].

³ Carrinho de supermercado que soma os preços dos produtos e os transmite por ondas à caixa registradora. Em *Veja on-line* < http://veja.abril.com.br/061004/p_100.html >.



Figura 2.1 - Aplicações embutidas: Carrinho de supermercado (móvel) e Geladeira com Internet (fixa).⁴

Considerando as perspectivas expostas, podemos concluir que a mobilidade transforma tanto a interação social quanto a interação entre o indivíduo (ou grupos) e entidades computacionais e mesmo a interação destas entidades entre si.

2.3 Aspectos Tecnológicos

Na seção anterior, discutimos aspectos sociais e humanos da mobilidade. Nesta seção, pretendemos abordar aspectos de ordem tecnológica. Apresentaremos características básicas da computação móvel, considerando as restrições e necessidades inerentes a este paradigma computacional.

Computação móvel é o termo usado para designar aplicações de dispositivos computacionais e de comunicação pequenos, portáteis e sem fio [Wikipedia]. O que mais distingue a computação móvel da computação fixa são as restrições impostas pela mobilidade. Podemos considerar a computação móvel como definida por quatro restrições [Satyanarayanan97]:

⁴ Respectivamente extraídas de e disponíveis em < http://veja.abril.com.br/061004/p_100.html > e < <http://www.agencyweb.com.br/portal/br/noticias.php?idNoticiaUrl=21&tituloNoticia=O%20maravilhoso%20futuro%20da%20tecnologia> >

- 1) **dispositivos móveis são pobres em recursos em relação a dispositivos fixos** – considerações sobre peso, energia, tamanho e fatores humanos impõem penalidades aos recursos computacionais, como pouca memória ou tamanho de tela reduzido;
- 2) **a mobilidade é inerentemente mais vulnerável a perigos** – dispositivos móveis podem ser roubados e estão, em geral, mais sujeitos à perda ou a sofrer danos;
- 3) **a conectividade em sistemas móveis é altamente variável com relação à performance e confiabilidade** – a qualidade, a confiabilidade e a cobertura dos serviços de rede sem fio é bastante variável;
- 4) **dispositivos móveis dependem de uma fonte de energia finita** – o consumo de energia será sempre uma preocupação para dispositivos móveis, já que a fonte de energia também deve ser portátil e capaz de dar suporte a sistemas cada vez menores e mais sofisticados.

Estas restrições fazem com que, nos sistemas móveis, a tensão entre autonomia e interdependência, presente em todo sistema distribuído, seja mais forte: ao mesmo tempo em que as limitações dos sistemas móveis suscitam uma maior necessidade de confiar em servidores estáticos, a necessidade de arcar com estas mesmas limitações (como redes não-confiáveis e fonte de energia limitada) requisita uma maior robustez do próprio dispositivo.

As abordagens arquiteturais e de aplicação que tornam a computação móvel possível atacam estes problemas. A estratégia adaptativa [Satyanarayanan97], por exemplo, sugere que os clientes móveis sejam capazes de definir dinamicamente responsabilidades entre cliente e servidor, conforme mudem as demandas do cliente.

Embora já mencionado, vale destacar, neste contexto, que, como parte do projeto da aplicação, o *design* da interface é afetado pelas restrições descritas. Voltaremos a esta questão com mais detalhes ao falarmos de usabilidade de dispositivos móveis.

2.4 Contexto Variável

Após introduzirmos alguns aspectos humanos, sociais e tecnológicos da mobilidade, voltamos ao contexto. Este é um dos conceitos relacionados à mobilidade mais relevantes do ponto de vista de

sua influência em fatores humanos e usabilidade, quando consideramos o desenvolvimento de sistemas móveis. Portanto, trataremos deste tópico com mais detalhes a seguir.

Contexto é um conceito explorado por várias áreas da computação nos últimos 40 anos, com objetivo de relacionar processamento da informação e comunicação a aspectos das situações em que o processamento ocorre. Recentemente, o contexto vem ganhando ainda mais relevância, com o advento da computação móvel e da comunicação sem fio. A primeira onda de dispositivos móveis tinha foco na portabilidade e transparência da localização; a onda seguinte, não considerou apenas a independência em relação à localização, passou a considerar as situações em que os dispositivos móveis são usados. Dispositivos característicos desta segunda onda são celulares, PDAs e computadores “vestíveis”, que estão operacionais e podem ser usados enquanto o usuário está em movimento [Schmidt+98].

Uma forma de computação móvel mais abrangente é caracterizada pelo uso de diferentes dispositivos móveis, fixos e embutidos que o usuário usa ao longo do dia. Esta forma de computação móvel está relacionada com a mobilidade das pessoas, não somente de computadores e é caracterizada pela mudança constante de ambiente de execução. Estes sistemas (de computação móvel distribuída) se propõem a fornecer acesso ubíquo à informação, comunicação e computação. Por exemplo, em um dado ambiente, como na universidade, um usuário pode necessitar imprimir um documento a partir de um dispositivo móvel. Em uma aplicação ou serviço sensível ao contexto, o comando de imprimir poderia simplesmente ativar a impressora mais próxima do usuário, de maneira transparente, sem que ele tenha que se preocupar que impressora usar [Schilit+94].

Deste modo, embora o contexto seja relevante tanto para aplicações em dispositivos fixos quanto móveis, no uso de dispositivos móveis estamos lidando com situações em que o mesmo dispositivo, que carregamos conosco, é passível de ser usado para diferentes propósitos em um intervalo de tempo razoavelmente curto. Assim, o dispositivo deve se adaptar a este perfil de uso, ou seja, ao contexto variável. Isto é diferente de usar, por exemplo PCs distintos em lugares distintos, muito embora os mesmos possam estar adaptados, cada qual, ao seu contexto de uso específico. É neste sentido que mobilidade, quando falamos de computação móvel, não diz

respeito somente à independência em relação à localização, mas à capacidade de interagir com “dicas” do ambiente a fim de oferecer suporte adequado às atividades humanas, que acontecem de forma contínua, o que inclui o que podemos fazer quando estamos em movimento.

É neste sentido que dissemos que dispositivos móveis possuem uma natureza profundamente influenciada pelo contexto. Considera-se que, em aplicações para dispositivos móveis, a capacidade de se adaptar ao contexto é o requisito mínimo para uma interação aceitável, levando em conta as restrições tecnológicas deste paradigma [Roden+98], conforme vimos nas seções precedentes.

Segundo vimos na seção 2.2, o contexto é caracterizado pelo “como”, “em que circunstâncias” e “com que atores” a interação se dá. De outra forma, pode-se dizer que é caracterizado principalmente por quatro dimensões: identidade, localização, tempo e ambiente [Roibás03], ou, como detalhamos a seguir, o contexto diz respeito a [Abowd+00]:

- **quem:** os sistemas baseiam sua interação na identidade de um usuário em particular, raramente incorporando informação da identidade de outras pessoas no ambiente;
- **o que:** sistemas sensíveis (*aware*) ao contexto precisarão ser capazes de interpretar a atividade humana para que possam fornecer informação útil. Atualmente os sistemas ou assumem o que o usuário está fazendo ou deixam a questão em aberto;
- **onde:** este componente do contexto tem sido mais explorado que os demais. Combinar noções de “onde” com outras informações contextuais abre oportunidades para apoiar de forma mais adequada as atividades humanas;
- **quando:** a maioria das aplicações sensíveis ao contexto, não têm conhecimento da passagem do tempo. Pode-se usar esta propriedade para identificar padrões de comportamento;
- **por que:** mais desafiador do que saber “o que” é saber “por que” alguém está realizando uma atividade. Podemos citar, como exemplo, pesquisas que apontam para captura de informações contextuais, como temperatura do corpo ou batimentos cardíacos, como ponto de partida para identificar o estado real de uma pessoa.

A natureza do contexto pode influenciar ou ser influenciada de diversas formas em dispositivos móveis. Dentre estas, podemos considerar o contexto sob o ponto de vista [Roden+98]

- da **infra-estrutura** – conforme já dissemos, a infra-estrutura deve ser capaz de arcar com o nível de incerteza introduzido por dispositivos que usam comunicação sem fio e dependem de uma fonte de energia finita;
- da **aplicação** - o *design* das aplicações deve ser orientado pelo que as pessoas fazem na prática e por sua relação com a tecnologia;
- do **sistema** – as funcionalidades não estão concentradas em uma única máquina, mas distribuídas por um conjunto de aplicações e dispositivos;
- da **localização** – uma característica única dos dispositivos móveis é que são capazes de “saber” sua localização durante o seu uso;
- **físico** – a aplicação pode estar em um dispositivo móvel independente ou estar embutida em um equipamento que, por sua vez, é móvel.

Todos estes aspectos, das dimensões e da natureza do contexto, influenciam o estilo da interação com o dispositivo.

Nos últimos tempos, com o desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação, particularmente da comunicação sem fio e da Internet móvel, podemos dizer que estamos assistindo à introdução de sistemas sensíveis ao ou dependentes do contexto. Sistemas que fornecem informação personalizada baseados no contexto específico do usuário, de modo que a interação se torna sensível ao espaço e ao tempo e, posições físicas e outros elementos do ambiente podem invocar, por meio de dispositivos móveis, posições virtuais no Ciberespaço [Roibás03]. Este tópico será abordado com mais detalhes na seção a seguir e no capítulo 5, quando falaremos de aplicações para PDAs.

2.5 Computação Cotidiana (*Everyday Computing*)

Um paradigma computacional relacionado à computação móvel é a computação ubíqua. Esta área da computação foi introduzida por *Mark Weiser*, no início da década de 90 e nos ajuda a situar a computação móvel como parte da evolução dos paradigmas computacionais.

Seu proponente define computação ubíqua como o contrário de realidade virtual (vide Figura 2.2): esta coloca as pessoas em um mundo gerado dentro do computador, enquanto a computação ubíqua tem por objetivo trazer recursos computacionais para fora, para o mundo real. Deste modo, pretende-se aumentar as possibilidades de interação entre o ambiente e as pessoas na realização de suas atividades. Esta tarefa requer esforços multidisciplinares: computação, engenharia, fatores humanos e ciências sociais [Weiser96].

A idéia subjacente é que, ao embutir a computação no ambiente, as pessoas sejam capazes de se deslocar e interagir com computadores de maneira mais natural do que o são no paradigma predominante nos dias de hoje (computação pessoal) [Wikipedia].

A visão de *Weiser* propõe a proliferação de dispositivos de escalas variadas, dos portáteis pessoais, da ordem de centímetros, aos dispositivos compartilhados, da ordem de metros. Assistimos hoje à esta proliferação, com o uso comum de celulares, PDAs e painéis eletrônicos do tamanho de uma parede [Abowd+00].

Partindo de pesquisas em computação ubíqua, *Abowd* e *Mynatt* [Abowd+00] propuseram uma área de pesquisa denominada *Computação Cotidiana*. A computação cotidiana é a computação contínua, que decorre de escalonar a computação ubíqua com relação ao tempo. A motivação da computação cotidiana é dar suporte a atividades típicas do dia-a-dia do homem comum.

Apresentaremos a seguir uma visão geral deste paradigma por corresponder a um cenário do qual a computação móvel faz parte e que possui, portanto, considerações relevantes também para a interação e interfaces humano-computador em sistemas móveis.

O *design* de aplicações para a computação cotidiana requer que se tenha como base as características de atividades informais, do dia-a-dia. Podemos dizer das atividades diárias que

- **raramente têm um início e um fim claro:** atividades como comunicação ou gerenciamento da informação não cessam. No *design* de aplicações, para dar suporte a

atividades desta natureza, propriedades como visibilidade do status do sistema, controle do usuário e liberdade, e estética e *design* minimalista desempenham um papel central;

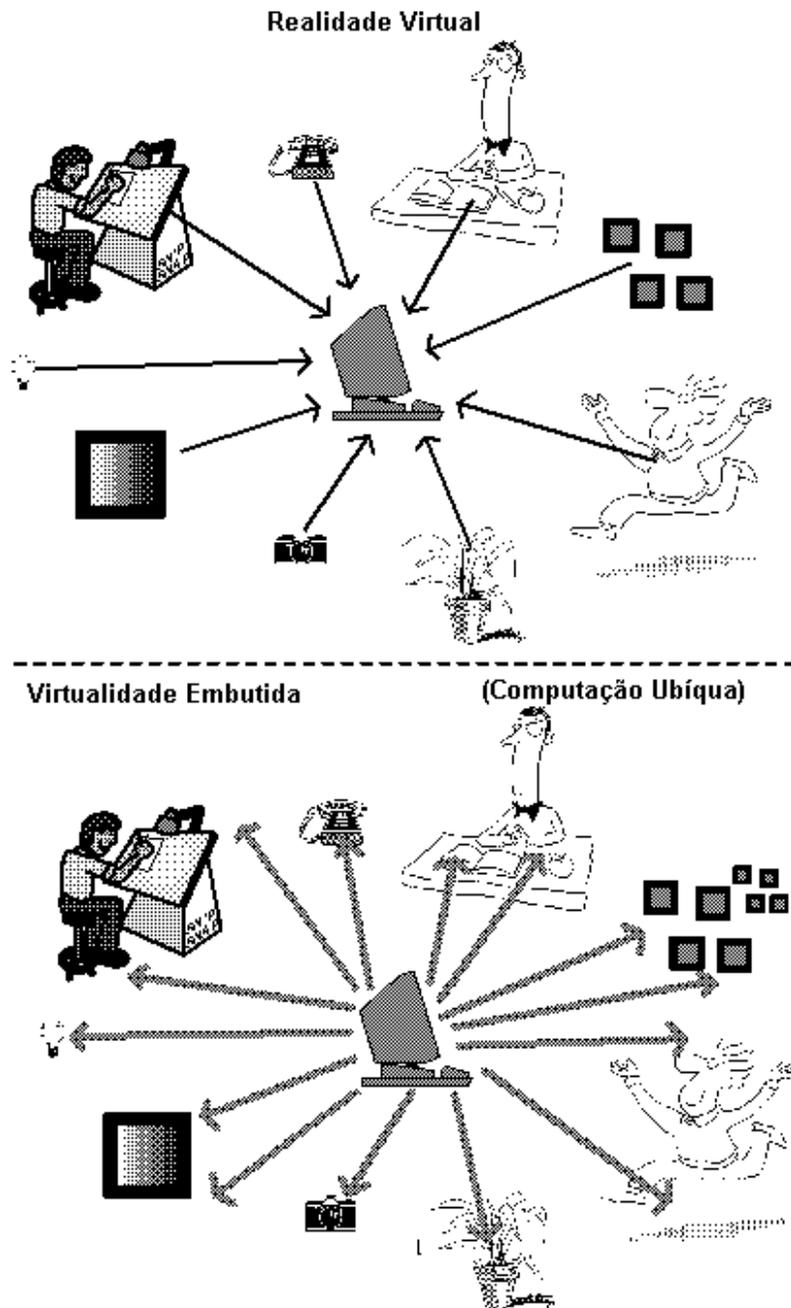


Figura 2.2 - Realidade Virtual x Computação Ubíqua- Adaptado de *Weiser* [Weiser96]

- **a interrupção é esperada:** as atividades cotidianas são contínuas mas podem, num dado momento, estar operando em segundo plano. Uma vez em segundo plano, uma atividade pode ser reassumida, o que nos obriga a estabelecer maneiras de retomá-la. As atividades devem, assim, ser modeladas como uma seqüência de passos que pode ser retomada em algum ponto. Além disso, a interface deve ser capaz de lembrar ao usuário de atividades que ficaram incompletas.
- **várias atividades são feitas concorrentemente:** uma vez que as atividades são contínuas, existe a necessidade de chavear contextos entre as múltiplas atividades em curso. As interfaces podem ajudar o usuário a monitorar atividades que ocorrem em segundo plano, auxiliando a identificar e informar quando um evento importante (que demande atenção ou intervenção do usuário) ocorrer em segundo plano;
- **o tempo é um discriminador importante:** o tempo é representado em interfaces muito raramente, embora seja um referencial fundamental para o ser humano. Por exemplo, a informação sobre a última vez que se falou com um membro da família pode ser uma informação relevante na interpretação de uma chamada telefônica feita por esta pessoa. Na medida em que as aplicações possam interpretar eventos do mundo real, elas serão capazes de utilizar a informação de tempo para adaptar a interação;
- **são necessários modelos associativos de informação:** os modelos de informação para atividades são, na maioria dos casos, associativos, uma vez que a informação é reusada com freqüência. Este tipo de organização permite que o usuário recupere a informação de vários pontos de vista diferentes.

A computação cotidiana, oferece assim, muitos desafios para a IHC. Dentre as áreas de pesquisa de maior interesse na perspectiva da mobilidade podemos citar:

- **conectar eventos no mundo real e no mundo virtual:** embora a atividade humana seja realizada através dos espaços real e virtual, estes dois espaços estão desconectados. Há muito a fazer para entender como combinar as informações destes dois espaços de modo que a atividade realizada seja feita por meio de uma interação mais natural;

- **modificar os métodos tradicionais de IHC de modo que seja possível projetar para um comportamento informal, periférico e oportuno:** não há uma metodologia para compreender o papel dos computadores no dia-a-dia das pessoas. No trabalho de *Abowd* e *Mynatt* [Abowd+00] propõe-se uma combinação de métodos como experiências em laboratório e métodos etnográficos.

2.6 Considerações Finais

Em suma, a mobilidade traz muitos desafios para a área de Interfaces Humano-Computador, dentre os quais podemos identificar [Johnson98]:

- as exigências de *design* para usuários móveis, suas tarefas e seus contextos;
- a acomodação da diversidade e integração de dispositivos, serviços e aplicações de rede;
- a inadequação dos modelos de IHC para abordar as variadas exigências de sistemas móveis;
- as exigências para a avaliação de sistemas móveis.

Veremos, nos próximos capítulos, como algumas destas questões têm sido consideradas no desenvolvimento de sistemas móveis.

Capítulo 3 – Usabilidade

3.1 Visão Geral

Usabilidade é geralmente vista, em engenharia de software, como relacionada a aspectos do projeto da interface com o usuário que complementa outros objetivos de projeto de um sistema, tais como funcionalidade e performance [Bevan95]. Neste sentido, podemos identificá-la com o grau de facilidade de uso, definição que pode ser ilustrada pela Figura 3.1 :

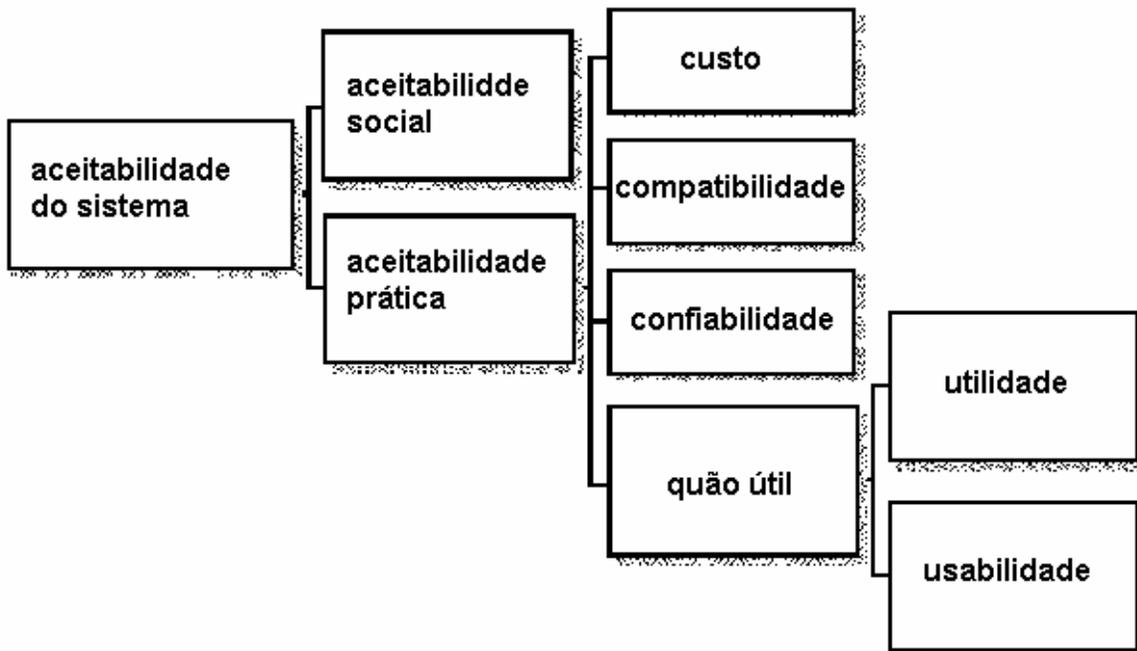


Figura 3.1 – Visão Restrita de usabilidade – Usabilidade como facilidade de uso - Adaptado de *Bevan* [Bevan95]

Embora seja a aceção mais comum em que o termo usabilidade é empregado, este sentido é um tanto restrito, pelo fato de ser orientado, principalmente, ao produto. Considerando esta aceção, poderíamos falar em um sistema usável (fácil de usar), mas sem utilidade (não atende ao propósito de uso) [Bevan95].

Uma definição melhor e mais abrangente de usabilidade pode ser encontrada na norma NBR / ISO 9241-11 (Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores – Parte

11: Orientações sobre Usabilidade)[Iso9241]: “Medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico.”.

Esta definição contempla o foco real do projeto de sistemas, que é atender às necessidades do usuário, permitindo que ele realize as tarefas pretendidas. Esta é a aceção relacionada à qualidade de uso nos termos propostos pela ISO/IEC 14598-1 (Avaliação de Produto de Software – Parte 1:Visão Geral) [Iso14598] conforme ilustra a Figura 3.2, adaptada de *Bevan* [Bevan95], de acordo com esta norma:

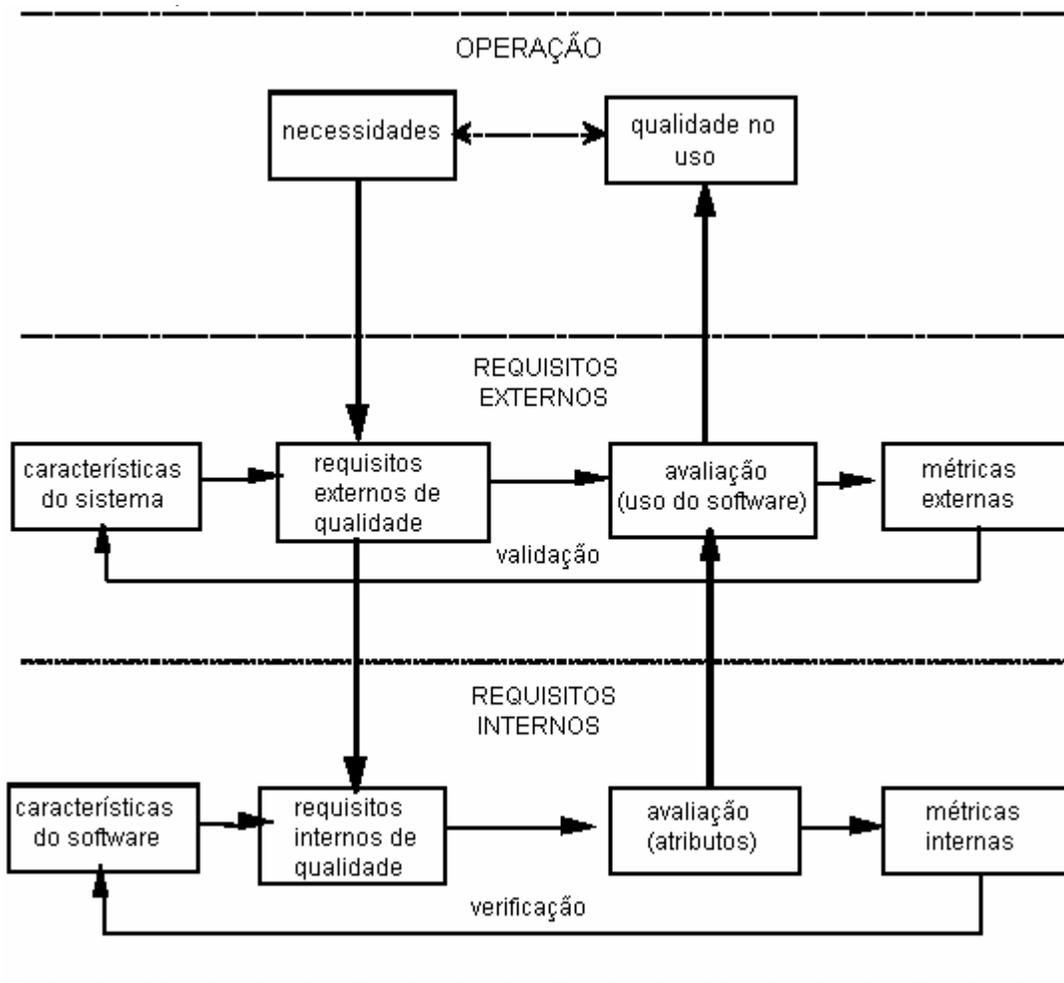


Figura 3.2 – Requisitos de Qualidade em Projetos de Sistemas

Em outras palavras, usabilidade, quando vista como qualidade do uso, não é um apenas um aspecto da qualidade do produto, mas a consequência da interação entre usuário e produto ao realizar uma tarefa em um dado contexto [Hassenzahl+01]. Nesta perspectiva, um produto tido como não-usável em um contexto pode ser completamente usável em outro [Bevan95], já que a usabilidade não depende só de características do produto, mas também da sua relação com características do usuário e do ambiente. A Figura 3.3 a seguir ilustra estas idéias.

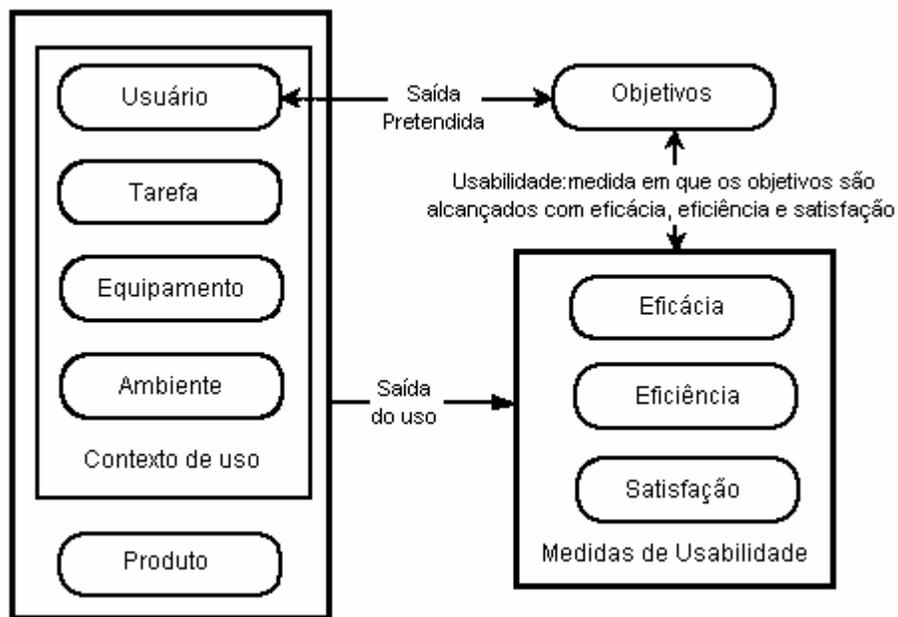


Figura 3.3 - Framework da definição de usabilidade de acordo com a norma ISO 9241-11 - Adaptado de Avouris [Avouris01]

Transcendendo a definição corrente de usabilidade, tem-se discutido recentemente idéias como o papel da estética na definição de um *design* que inspira confiança no usuário [Karvonen00b] ou “usabilidade emocional” (*emotional usability*) [Müller03].

A crítica que motiva a busca por um significado além do corrente é a de que o conceito atual é excessivamente centrado em aspectos cognitivos da tarefa do usuário, em detrimento do foco em sua experiência e características individuais; em suas habilidades motoras, perceptuais e emocionais [Hassenzahl+01]. Esta tendência ainda não está sistematizada, mas alguns temas são recorrentes [Hassenzahl+01] :

- necessidade de enriquecimento do conceito de qualidade de uso com conceitos não-utilitários, como alegria, emoções, valor lúdico;
- maior atenção ao lado subjetivo de qualidade de uso, que são as percepções e experiências do usuário;
- maior preocupação em motivar aspectos positivos do produto, ao invés de buscar apenas evitar problemas de usabilidade.

Assim, o conceito de usabilidade e idéias associadas vêm evoluindo, cada vez mais alinhados à meta de se criar uma “experiência positiva para o usuário” [Kapor96].

3.1.1 Caracterizando Usabilidade

A literatura nos mostra que a usabilidade é associada a várias medidas, regras e atributos que nos permitem identificá-la e avaliá-la. Veremos algumas destas abordagens a seguir.

Segundo a norma ISO 9241-11, a usabilidade é avaliada, como vimos anteriormente, considerando se o uso de um sistema ocorreu com eficiência, eficácia e satisfação em um dado contexto. Estas medidas são definidas pela norma como se segue [Iso9241]:

[...]

eficácia: Acurácia e completude com as quais usuários alcançam objetivos específicos.

eficiência: Recursos gastos em relação à acurácia e abrangência com as quais usuários atingem objetivos.

satisfação: Ausência do desconforto e presença de atitudes positivas para com o uso de um produto.

contexto de uso: Usuários, tarefas, equipamento (*hardware, software* e materiais), e o ambiente físico e social no qual um produto é usado.

[...]

Esta abordagem, conforme exposto na seção anterior, está associada à idéia de que um produto não possui usabilidade intrínseca, de que a usabilidade não pode ser avaliada ao se estudar apenas o produto. A avaliação se dá sobre a capacidade de se usar o sistema em um contexto específico [Avouris01].

No padrão ISO 9126 (Qualidade do Produto de Software - Parte 1: Modelo de Qualidade) [Iso9126], em que a usabilidade é vista como um dos atributos de qualidade de um produto de software, a usabilidade é analisada em termos dos seguintes atributos do produto [Avouris01] :

- **facilidade de compreensão** (*understandability*) - o software oferece ao usuário condições de perceber se o mesmo é adequado ou não, como pode ser usado e quais as condições de uso;
- **facilidade de aprendizagem** (*learnability*) - o software tem características que possibilitam que usuário aprenda sua aplicação;
- **facilidade de operação** (*operability*) - o software dá ao usuário condições de controlá-lo; este atributo está relacionado à tolerância a erros e ao atendimento das expectativas do usuário;
- **atratividade** (*attractiveness*) - o software tem atributos tais que o tornam atraente para o usuário, tais como características gráficas;
- **conformidade** (*compliance*) - aderência a padrões, guias ou regras relacionadas à usabilidade.

Além de medidas e atributos definidos em padrões de qualidade, são comuns as orientações e princípios propostos e estabelecidos por estudiosos da área. *Constantine*, por exemplo, apresenta em seu trabalho regras e princípios de usabilidade. Segundo propõe, as **regras** estabelecem os fundamentos e objetivos gerais de um bom projeto de interface com o usuário. Os **princípios** teriam caráter de orientações mais específicas sobre a estrutura da interface [Constantine95]. Vejamos a seguir as regras propostas:

- **acesso:** sistemas usáveis são auto-explicativos para usuários que, embora não o conheçam, tenham experiência no domínio de aplicação a que o sistema se destina.
- **eficácia:** sistemas usáveis não impõem obstáculos para o uso eficiente por um usuário capacitado e com experiência no sistema.
- **progressão:** sistemas usáveis possuem recursos adequados ao nível de experiência do usuário, facilitando o aumento progressivo de conhecimento e habilidades no uso do sistema.
- **suporte:** sistemas usáveis dão suporte à atividade real que o usuário objetiva realizar de maneira, fácil, rápida e agradável.
- **contexto:** sistemas usáveis são adequados às condições e ambientes em que serão usados.

Conforme dissemos, além das regras, são apresentados também os seguintes princípios: visibilidade, feedback, estrutura, reuso, tolerância e simplicidade. A **visibilidade** tem por objetivo manter disponível somente o que o usuário precisa para realizar uma dada tarefa. O **feedback** estabelece que o sistema deve manter o usuário informado do resultado de suas ações e outras alterações no estado do sistema. O princípio da **estrutura** diz que a interface deve ser organizada de modo que informações e operações relacionadas devem estar juntas e que os critérios de agrupamento devem ser claros e reconhecíveis. Por **reuso** entende-se a capacidade de usar itens e comportamentos da interface de forma consistente, a fim de que o usuário não tenha sempre que lembrar ou reaprender como fazer algo. O princípio da **tolerância** está associado à prevenção de erros e facilidade de recuperação caso aconteçam.

Nielsen, por sua vez, propõe cinco atributos de usabilidade ([Rocha+03], [Ferré+01]):

- 1) **facilidade de aprendizagem**: o software ou sua principal funcionalidade é fácil de aprender;
- 2) **eficiência**: tendo aprendido uma vez, o usuário tem alta produtividade ao usar o software. Este atributo relaciona-se com a quantidade de tarefas que o usuário é capaz de realizar por unidade de tempo, no uso do sistema;
- 3) **facilidade de lembrar**: o usuário é capaz de usar o sistema após um tempo, sem ter que aprender tudo novamente;
- 4) **tolerância a erros**: o sistema deve ser tolerante a erros do usuário, e a recuperação de um erro deve ser simples e sem prejuízos ao usuário. Este atributo relaciona-se à taxa de erros que o usuário comete durante a realização de tarefas típicas do sistema;
- 5) **satisfação subjetiva**: o sistema possui atributos tais que tornam o seu uso agradável.

Tabela 3-1 – Comparativo entre medidas, princípios e atributos apresentados

Característica	Medidas de Usabilidade ISO 9241-11	Atributos de Usabilidade ISO 9126	Regras de Usabilidade (<i>Constantine</i>)	Atributos de Usabilidade (<i>Nielsen</i>)
eficácia	x		x	
eficiência	x		suporte, progressão	x
satisfação	x	atratividade		x
contexto	x		x	
facilidade de compreensão		x	acesso	
facilidade de aprendizagem		x	acesso, progressão	x
facilidade de operação		x	princípio da tolerância	tolerância a erros
conformidade		x	princípio do reuso	
facilidade de relembrar			princípio do reuso	x

Como suporte ao sumário de idéias desta seção, observemos o quadro comparativo na Tabela 3-1. As células marcadas com ‘x’ representam a presença da característica listada na coluna mais à esquerda, embora em cada caso (demais colunas) possa haver alguma diferença semântica na definição. As células com a característica escrita por extenso representam uma característica relacionada, embora não de mesmo significado. No caso das regras de usabilidade de *Constantine* foram mencionados também alguns princípios, conforme apropriado.

Como podemos observar, a ISO 9241-11 define usabilidade em função de medidas do uso e a ISO 9126 em função de atributos do produto. A idéia subjacente à ISO 9241-11 é a de que a usabilidade não é intrínseca ao produto (portanto não relacionada a atributos do produto por si só) e que os atributos que tornam o sistema usável são dependentes do usuário e do contexto de uso (logo, são revelados em avaliações de uso em contextos específicos). Tanto *Constantine* quanto *Nielsen*, em suas propostas, combinam atributos do produto e do processo de uso, embora *Constantine* não mencione diretamente satisfação e *Nielsen* não faça alusão ao contexto.

É interessante notar que a ISO 9241-11 deixa os atributos de usabilidade em aberto ao dizer que, fixados os atributos, o mesmo sistema pode ser usável ou não-usável dependendo do contexto.

3.1.2 Engenharia de Usabilidade

Por não possuir ainda uma terminologia universalmente aceita ([Hefley+94], [Constantine95], [Donahue+99], [Ferré+01]), o termo usabilidade tem sido usado tanto para se referir às suas características fundamentais, aos aspectos da usabilidade relacionados à garantia da qualidade, ou ao processo, métodos e técnicas usados para desenvolver produtos de software usáveis. Para esta última acepção (processo, métodos e técnicas), usaremos o termo que vem se tornando consagrado, engenharia de usabilidade.

Um equívoco comum é tomar usabilidade como trabalho de “acabamento”, “arte final” ou como uma etapa relacionada apenas a testes de qualidade do produto de software. Segundo este raciocínio, em um projeto de software, o produto seria entregue aos profissionais responsáveis por torná-lo “usável”, nas etapas finais do desenvolvimento. Estes profissionais atingiriam esta meta ao desenvolver os componentes de interface mais interessantes, escolher as cores ou fontes mais adequadas para a interface ou ao avaliar o quão usável o software é [Ferré+01].

Entretanto, usabilidade não é determinada apenas pelo *design* da interface com o usuário ou ocorre pelo fato de se ter avaliado um conjunto de atributos. Usabilidade está relacionada com a troca de informação entre o usuário e o sistema; com o quanto a **interação** se dá de forma eficiente, satisfatória e consistente com os objetivos do usuário. Usabilidade não acontece por acaso ou mágica: requer um processo de engenharia bem definido para se concretizar [Hassenzahl+01].

Conforme dito, a usabilidade tem seu foco na **interação**: nos elementos com os quais o usuário interage e nos aspectos da qualidade do uso que ele experimenta diretamente [Donahue+99]. Assim, não podemos falar de engenharia de usabilidade sem falarmos do *design* da interação. A interação diz respeito a tudo que afeta as trocas de informação entre usuário e sistema e deve ser projetada ao longo de todas as etapas de seu desenvolvimento, desde as iniciais. Seria temerário, por exemplo, considerar possível fornecer um sistema que tenha tempos de resposta adequados ou ofereça feedback apropriado sobre o progresso de tarefas com tempo de processamento

elevado, sem que estas necessidades tenham sido levadas em conta desde a especificação dos requisitos [Ferré+01].

Em se tratando de métodos e técnicas para o processo de engenharia de usabilidade, existem várias abordagens descritas na literatura ([Nielsen93], [Hix+93], [Constantine95] dentre outros). Estaremos concentrados, entretanto, em aspectos comuns destas técnicas, cujo ponto central é avaliar a usabilidade do produto com usuários reais desde os estágios iniciais do desenvolvimento. Em linhas gerais, podemos dizer que estes processos podem ser descritos pelo ciclo projetar, avaliar, reprojeter [Ferré+01]. Outra generalização aderente à apresentada pode ser encontrada nas ditas “regras de ouro” de *Gould & Lewis* ([Gould+85]) [Hassenzahl+01]:

- 1) foco nos usuários e tarefas desde o início;
- 2) realizar medidas empíricas;
- 3) *design* iterativo .

Não é por acaso que o *design* iterativo figura como um dos pilares da engenharia de usabilidade. Problemas de usabilidade são difíceis, quando não impossíveis, de serem resolvidos, se identificados apenas nos estágios finais de desenvolvimento. Testes de usabilidade revelam, mas não resolvem problemas de usabilidade [Ferré+01]. Assim, a usabilidade deve ser constantemente avaliada e reprojetaada, conforme necessário, durante o desenvolvimento do sistema e não só em uma etapa final. Ciclos de desenvolvimento que não suportam reavaliar e reprojeter a usabilidade em diferentes estágios, não são adequados.

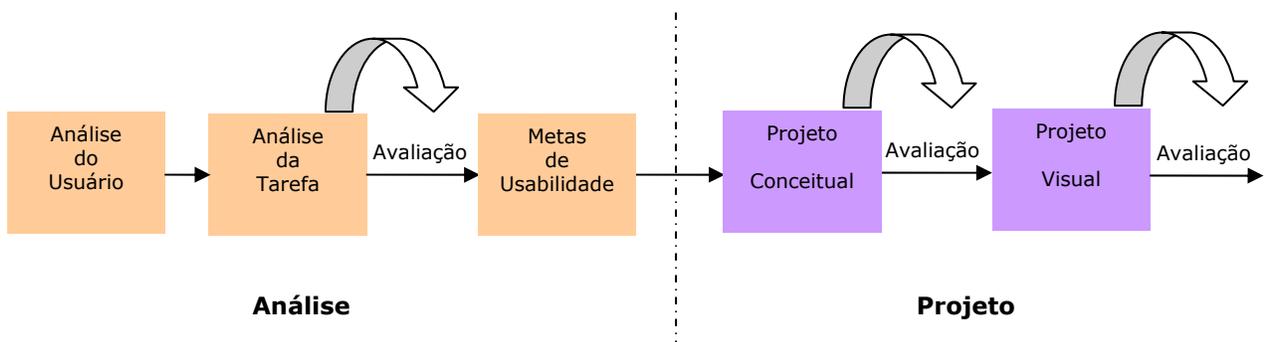


Figura 3.4 – Processo de Engenharia de Usabilidade – Análise e Projeto - Adaptado de *Ferré et al.* [Ferré+01]

A Figura 3.4 ilustra as etapas de análise e projeto do processo de engenharia de usabilidade, conforme descreveremos a seguir, com base no trabalho apresentado por *Ferré et al.* [Ferré+01]. O processo inicia-se na **análise** dos **usuários-alvo** e **tarefas** que vão realizar. Existem várias técnicas de análise dos usuários: visita ao seu local de trabalho, questionários, *focus groups*⁵, investigação contextual (*contextual inquiry*), dados derivados do suporte ao usuário. Independente da técnica, o mais importante é que as descobertas sejam registradas, estruturadas e organizadas. O conceito de tarefa é análogo ao de caso de uso em desenvolvimento orientado por objetos, uma atividade que tenha significado para o usuário. As tarefas identificadas servem de base para o projeto do produto e para a definição dos testes que serão realizados ao longo do desenvolvimento do produto. Estas etapas são também identificadas como parte de uma fase de escopo maior, a análise do domínio da aplicação ([Gabbard+03]).

O processo deve, ainda, estabelecer as metas de usabilidade a serem atingidas pelo software, bem como garantir que o software desenvolvido as alcance. Meta de usabilidade refere-se à usabilidade que se pretende para o sistema (métricas, na Figura 3.5), baseada nos cinco atributos básicos (vide seção anterior, 3.1.1 Caracterizando Usabilidade, atributos propostos por *Nielsen*). Estas metas de usabilidade são definidas antes que a etapa de projeto do produto tenha início. Conforme dito, o objetivo é que se tenha parâmetros quantitativos para verificar se o nível de usabilidade estabelecido está sendo atingido; parâmetros a serem usados como base de comparação para os testes de usabilidade realizados ao longo do ciclo de desenvolvimento. Uma meta deve ser estabelecida para cada atributo de usabilidade considerado importante para o sistema.

A fase de **projeto** inicia-se com o **projeto conceitual** do sistema, quando são definidos a interação básica entre usuário e sistema, os principais objetos da interface com o usuário e os contextos de uso. Esta etapa começa com a definição de protótipos (em papel, por exemplo) e termina com a avaliação do protótipo por usuários reais. A etapa seguinte é o **projeto visual**,

⁵ Grupo de usuários potenciais reunidos para opinar sobre determinado tópico. Suas percepções, sentimentos, atitudes e idéias são usadas como entrada para o processo de design. ([UsabilityFirst],[UsabilityNet])

onde são definidos, em detalhes, todos os aspectos gráficos da interface com o usuário (layout de telas, formulários, caixas de diálogo, combinação de cores, fontes, tipos de componentes, etc.).

Principalmente em se tratando de projeto de UI (*User Interface*), é importante que sejam definidos **protótipos**. Apenas uma especificação abstrata não é suficiente quando se pretende envolver usuários reais no processo de desenvolvimento. Entretanto, devem ser usados preferencialmente métodos de prototipagem rápida, em que o esforço de desenvolvimento seja mínimo.

Os testes de usabilidade (avaliação) são uma atividade constante e central no processo de engenharia de usabilidade, como se pode verificar na Figura 3.4. Eles permitem verificar se as metas de usabilidade estão sendo atingidas (análise quantitativa) e devem também permitir coletar dados qualitativos [Gabbard+03]. Existem várias técnicas de avaliação de usabilidade, como Pensar em Voz Alta (*Think Aloud*) e Avaliação Heurística; Gabbard *et al.* [Gabbard+03], por exemplo, propõem que diferentes tipos de avaliação de usabilidade sejam feitas progressivamente ao longo do processo. Este tópico será discutido com mais detalhes no Capítulo 5.

A Figura 3.5 a seguir resume, em linhas gerais, o processo descrito nesta seção.

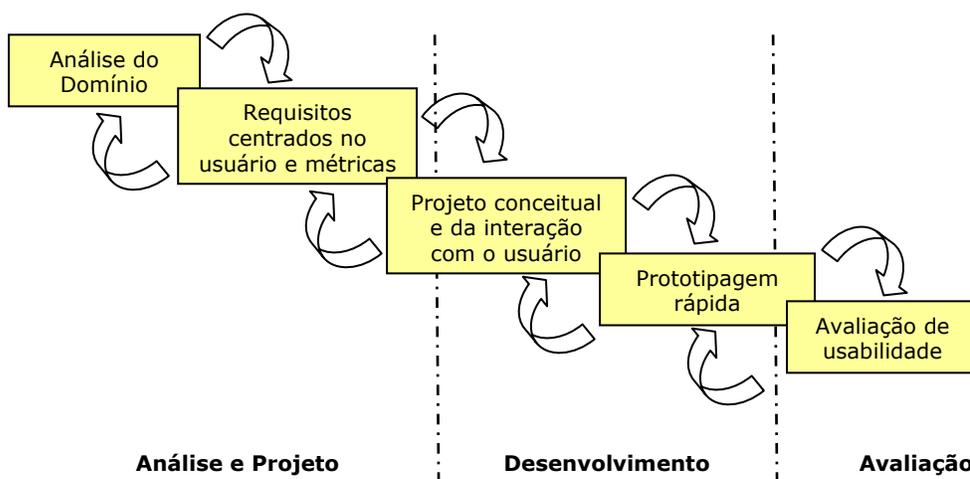


Figura 3.5 – Processo de Engenharia de Usabilidade - Adaptado de Gabbard *et al.* [Gabbard+03]

Vale acrescentar que a engenharia de usabilidade não se preocupa somente com a interação. Preocupa-se também com os diversos aspectos de usabilidade do produto, como *help*, documentação para o usuário, procedimento de instalação, etc. ([Ferré+01], [Rocha+03]). Em *Rocha & Baranauskas* ([Rocha+03], p.121) vemos esta abordagem apresentada como *design* coordenado⁶ – desenvolvimento em paralelo da funcionalidade, interface, *help*, material de treinamento, etc.

Para finalizar, cabe ainda observar alguns aspectos da relação entre engenharia de software e engenharia de usabilidade. Segundo dados de 1992, os esforços de desenvolvimento com a interface do usuário poderiam chegar a 50% [Hefley+94]. É bem provável que, atualmente, considerando a predominância de sistemas com interface gráfica, aplicações para a *Web* e para dispositivos móveis, este patamar seja ainda superior. Com um número cada vez maior e mais variado de usuários, a demanda por sistemas usáveis cresce. A engenharia de usabilidade responde a esta demanda ao colocar o usuário, ao invés da tecnologia, no foco do processo de *design*.

Entretanto, a despeito desta demanda crescente, e embora a área de Interfaces Humano-Computador tenha na engenharia de usabilidade processos de desenvolvimento de interface tornando-se progressivamente bem definidos, a integração da engenharia da usabilidade com a engenharia do produto de software ainda é pobre. Espera-se, contudo, que a busca pela melhoria dos processos de desenvolvimento de software pela comunidade de software [Hefley+94] e a consolidação de processos definidos de engenharia da usabilidade abram espaço cada vez maior para a consideração fatores humanos na engenharia de sistemas.

⁶ Conforme apresentado em *Rocha & Baranauskas* [Rocha+03], *Gould* define este como o quarto princípio do processo de engenharia de usabilidade em adição aos três princípios propostos por ele e *Lewis*, já mencionados nesta seção (as três regras de ouro).

3.2 Usabilidade em Sistemas⁷ Móveis

Conforme discutimos nos capítulos 1 e 2, a computação móvel abre grandes possibilidades para pessoas. Vimos também que a tecnologia móvel é caracterizada por restrições que tornam o seu leque de aplicações limitado e que o paradigma da computação cotidiana (seção 2.5) nos fornece elementos para situarmos a tendência atual (e futura) da relação humano-computador, sobretudo, no que diz respeito à computação móvel.

Uma limitação inerente ao estudo de assuntos relacionados à tecnologia sem fio é que o avanço tecnológico ocorre com uma rapidez sem precedentes. Os artigos em que este estudo se baseia foram escritos, na maioria, há menos de cinco anos, alguns há menos de dois e, ainda assim, já é possível identificar diferenças em relação a este passado recente. A principal mudança diz respeito à difusão de serviços de comunicação como GPRS (*General Packet Radio Service* – 2.5 G) e 3G (terceira geração de tecnologia de comunicação móvel) que, ao oferecer maior velocidade de transferência de dados, possibilita o tráfego de um maior volume de dados e de conteúdo multimídia. Assim, os dispositivos com interface gráfica, capazes de exibir conteúdo multimídia, tornaram-se lugar-comum.

Embora esta não fosse a realidade dominante neste passado recente, podemos dizer que a maioria dos aspectos descritos a seguir permanece válida, já que as restrições que caracterizam os sistemas móveis continuam presentes. O impacto da melhoria da velocidade na transferência de dados e a prevalência de interfaces de usuário gráficas, do ponto de vista da usabilidade, ainda não foi satisfatoriamente descrito na literatura. Contudo, é consenso que uma maior disponibilidade de recursos contribui para avançar na forma como se lida com determinadas restrições, podendo trazer, como consequência, melhoria da usabilidade.

Nas seções a seguir, a Internet móvel será o principal pano de fundo em termos de aplicações analisadas sob o ponto de vista da usabilidade. A escolha é natural não só pelo seu predomínio na literatura, como pela evidente importância de aplicações consoantes com a natureza ubíqua de sistemas móveis.

⁷ Considerado como o conjunto de software, serviços e dispositivos.

Feitas estas considerações, discutiremos a usabilidade de aplicações para dispositivos móveis a seguir, considerando, prioritariamente, aplicações para Internet móvel.

3.2.1 O Usuário de Tecnologia Móvel

O usuário pode desempenhar vários papéis no uso da tecnologia móvel e cada papel determina os requisitos de sua tarefa e o seu foco de ação. Ele pode ser visto como indivíduo cuidando de interesses pessoais ou buscando entretenimento, como consumidor, como profissional, dentre outros. Cada perspectiva resulta em considerações diversas e complementares sobre o uso da tecnologia móvel. Em comum entre estes cenários, temos o fato de que os dispositivos móveis são usados em ambientes os mais variados e existe uma competição contínua entre o sistema e o ambiente por vários recursos perceptuais, motores e cognitivos do usuário [Jameson02].

O perfil do usuário é considerado uma das maiores diferenças entre Internet fixa e a móvel. Os usuários de dispositivos móveis não necessariamente têm experiência com computadores e Internet, têm necessidades altamente variadas, tendem a ser mais impacientes e, geralmente, não vão usar os dispositivos para “surfear” na Internet, já que as limitações do dispositivo tornariam esta atividade penosa e cara [Oinas-Kukkonen+03].

De acordo com sua experiência prévia, o modelo mental das pessoas, quando começam a usar dispositivos móveis, vem do uso de telefones e / ou de computadores pessoais. Não se sabe ainda qual a melhor metáfora para a interação: baseada no uso dos telefones, dos computadores pessoais, um paradigma híbrido ou algo novo. Para construir sistemas previsíveis quanto ao uso, os *designers* devem tentar descobrir que pressupostos são feitos sobre o funcionamento da tecnologia nova, em função destes modelos mentais [Greene+03]. Outros estudiosos argumentam, por outro lado, que não existe resposta certa, que devemos deixar o mercado decidir⁸ [Wood04].

⁸ Como coloca David Wood em sua apresentação no simpósio MobileHCI 04, ao falar da melhor interface humano-computador para *Smartphones*.

O usuário tem ainda uma relação diferente com dispositivos móveis em relação aos dispositivos fixos. Os móveis são, em sua maioria, destinados a dar suporte a alguma forma de organização pessoal. São, desta forma, caracterizados por sua natureza individual, normalmente não são compartilhados ([Roden+98], [Rangone+02], [Chae+03a]).

Em uma pesquisa realizada com milhares de usuários na Coreia do Sul entre 2000 e 2001 ([Kim01],[Chae+03a]), em que se considerou como domínios da Internet móvel o comércio, a comunicação e o conteúdo, foram avaliadas atitudes e necessidades manifestadas pelos usuários nestes domínios. Embora seus resultados não possam ser diretamente aplicados a outros países e culturas, eles nos permitem vislumbrar alguns aspectos da relação humano-computador do ponto de vista do usuário.

Com relação ao **comércio** (*m-commerce*) foi constatado que os usuários preferem comprar produtos considerados de baixo risco (ingressos, CDs, livros) em Internet móvel, ao passo que os considerados de alto risco (roupas, eletrônicos, jóias) são adquiridos preferencialmente em Internet fixa. Quando não precisam de informação adicional para adquirir o produto, a conveniência oferecida pela Internet móvel ganha mais peso. No que diz respeito à **comunicação**, verificou-se que os serviços assíncronos (como SMS⁹) são mais usados em Internet móvel que em Internet fixa (embora serviço de e-mail seja mais usado na fixa). Os usuários de Internet móvel sempre carregam seus dispositivos consigo e podem interagir constantemente com mensagens que chegam. Quanto ao **conteúdo**, os considerados de baixa intensidade de informação foram os mais acessados pelos usuários de Internet móvel. Os dispositivos móveis são mais limitados e os usuários estão interessados em conteúdos mais personalizados neste segmento.

Em *Perry et al.* [Perry+01], são feitas algumas considerações sobre uso de dispositivos móveis pelo usuário com fins profissionais e as limitações a que está sujeito neste contexto, conforme descrevemos a seguir.

⁹ *Short Message Service*

Tomando como referência o cenário de uma pessoa trabalhando em um escritório, podemos dizer que há mais familiaridade e certezas sobre o ambiente e recursos disponíveis (pessoas, tecnologia, informação, documentos). Já uma pessoa viajando a negócios, está sujeita a experimentar uma gama de diferentes contextos, onde existe menos familiaridade e menos certeza quanto aos recursos disponíveis, tais como tecnologia, infra-estrutura de comunicação, espaço para trabalhar e nível de ruído, além de não ter acesso direto a colegas que lhe possam dar suporte ou conhecimento de quem procurar em caso de problemas.

Em geral, a idéia que se vende quando se fala de “acesso, a qualquer hora, em qualquer lugar”, dá uma visão distorcida da realidade quando se trata de compreender as dificuldades enfrentadas quando se trabalha em trânsito. Na ausência desta compreensão mais profunda, idéias simplistas a respeito do que seja o trabalho móvel acabam dirigindo o processo de *design*. Esta falta de compreensão pode fazer com que dispositivos móveis sejam usados de maneira inesperada (útil, mas não para o uso pretendido), e/ ou de forma a atrapalhar o trabalho móvel ao invés de dar suporte a ele.

O autor argumenta que no pressuposto “acesso, a qualquer hora, em qualquer lugar”, cada termo tem múltiplos aspectos a serem considerados. O **acesso** necessário para editar um documento remotamente é diferente do acesso que se tem ao recebê-lo anexado em um e-mail. **A qualquer hora** não pode ser visto apenas de um ponto de vista linear, há convenções sociais como horário comercial ou horário inadequado para se ligar para uma pessoa que altera esta noção. **Em qualquer lugar** também não é apenas uma noção geométrica, onde todos os lugares seriam equivalentes. Considerando novamente interações sociais, não teríamos em público conversas telefônicas que requeiram mais privacidade. Enfim, são elementos que precisam ser avaliados sempre à luz das necessidades do usuário em um dado contexto, conforme discutido nas seções 2.2 e 2.4.

3.2.2 Sistemas Fixos x Sistemas Móveis

Além das diferenças em relação ao uso e ao usuário já discutidas na seção anterior, podemos apontar ainda outras distinções entre estas duas classes de sistemas, considerando as características próprias dos dispositivos, aplicações e serviços:

- Do ponto de vista do ambiente operacional, um sistema para Internet móvel é portátil e está sempre disponível ([Olsen+99], [Chae+03a], [Rangone+02]).
- Comparados aos serviços para *Web*, os serviços para sistemas móveis diferem quanto ao **dispositivo** (tela pequena, possibilidade de entrada de dados limitada, pouco poder de processamento, pouca memória, custo alto), a características da **rede** (banda limitada, baixa taxa de transferência de dados, latência alta), do **usuário** e do **contexto** de uso. Estas restrições implicam que os dispositivos móveis são capazes de atender a propósitos limitados. Em especial, no que diz respeito ao **contexto** de uso, a interação com o dispositivo móvel tem lugar, geralmente, em ambiente aberto e enquanto o usuário está em movimento. Ocorre, portanto, enquanto existem outros elementos competindo por sua atenção, como dissemos anteriormente. O uso, em geral, é orientado a tarefas que se pode completar de maneira fácil e rápida. ([Oinas-Kukkonen+03], [Kim+02], [Chae+04]).
- Quando consideramos desenvolvimento e uso de aplicações em dispositivos fixos, como o computador pessoal, podemos dizer que eles possuem, grosso modo, características universais, pois têm, basicamente, os mesmos recursos. Não é o caso dos dispositivos móveis, onde encontramos uma multiplicidade de formas e tamanhos: diversos tipos de celulares, PDAs, *Smartphones*, dentre outros aparelhos de informação. Isto implica que nem todo dispositivo tem os mesmos recursos e, portanto, um serviço ou aplicação pode não ser adequado para executar em um dado dispositivo ou um serviço ou aplicação poderá não funcionar com a mesma qualidade e características em qualquer dispositivo [Duda+01].

3.3.3 Caracterizando Usabilidade em Sistemas Móveis

A definição de usabilidade: “Medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico.” [Iso9241] é bastante geral e se aplica, naturalmente, à usabilidade em sistemas móveis. Contudo, quando consideramos o uso de tecnologia móvel, não há consenso ou mesmo fundamentos estabelecidos, no que diz respeito a delimitar que características específicas tornam

possível para o usuário fazer uso eficiente, eficaz e satisfatório de um dispositivo móvel, em dado contexto. Descreveremos aqui algumas iniciativas no sentido de estabelecer estas características.

Segundo *Ramsay & Nielsen* [Ramsay+00] o perfil de utilização de serviços *Web* pode ser dividido entre os altamente direcionados para um objetivo e os focados em entretenimento. Para os altamente orientados a objetivos, *Oinas-Kukkonen & Kurkela* [Oinas-Kukkonen+03] propõem sete princípios de *design*:

- 1) **mobilidade** – fornecer a informação necessária ao usuário quando está em movimento;
- 2) **utilidade** - o serviço deve contribuir para simplificar a vida do usuário;
- 3) **relevância** – apenas informação relevante deve ser exibida;
- 4) **facilidade de uso** – o serviço deve ser fácil de usar;
- 5) **fluência de navegação** (*fluency of navigation*) - a informação mais importante deve ser a mais fácil de localizar;
- 6) **foco no usuário** – deve ser usada a linguagem do usuário e a estrutura da navegação deve refletir sua maneira de pensar;
- 7) **personalização** – os serviços devem estar adaptados às necessidades e habilidades específicas de cada usuário .

Em seus estudos, o autor relata ter encontrado forte correlação entre **experiência positiva** do usuário no uso do dispositivo móvel, **utilidade percebida** e **navegação fluente**, com destaque para a navegação fluente.

Ketola [Ketola+01] por sua vez, num estudo sobre celulares, sugere que a usabilidade de dispositivos móveis pode ser definida como parte da aceitabilidade prática do sistema (vide Figura 3.6) e composta por:

- 1) disponibilidade dos serviços de rede (infra-estrutura);
- 2) facilidade do uso e disponibilidade dos serviços;
- 3) utilidade dos serviços;
- 4) do dispositivo como um todo, incluindo configuração *default*;
- 5) prontidão para ser usado;

- 6) informação do status do dispositivo exibida;
- 7) o quão útil e disponível o material de suporte ao usuário está;
- 8) acessórios;
- 9) a interoperabilidade de dispositivos e serviços.

E, de acordo com esta visão, a usabilidade é muito mais dependente das características do dispositivo, da interface com o usuário e dos serviços e infra-estrutura oferecidos.

3.2.4 Guidelines

Do mesmo modo que para aplicações tradicionais e *Web*, encontramos, na literatura, uma profusão de *guidelines* de usabilidade em relação a vários aspectos do projeto de interfaces e da interação com sistemas móveis. Apresentaremos inicialmente as diversas *guidelines* identificadas e procuraremos sumarizar as principais idéias ao concluir esta seção.

Em seu estudo de 2000, *Ramsay & Nielsen* [Ramsay+00] avaliam que, em geral, a fraca usabilidade dos dispositivos móveis da atualidade pode ser explicada pelo uso de *guidelines* tradicionais, sem levar em conta as mudanças que a mobilidade introduziu no processo.

Comparando os paradigmas fixo e móvel, *Oinas-Kukkonen & Kurkela* [Oinas-Kukkonen+03] consideram que algumas *guidelines* são independentes do paradigma, tais como: diálogo simples e natural, falar a linguagem do usuário, facilidade de lembrar, necessidade de consistência. Outras, entretanto, seriam específicas de serviços para sistemas móveis:

- serviço fácil e confortável de usar;
- estrutura de navegação clara, simples e rasa;
- o serviço deve requerer o mínimo possível de entrada de dados por parte do usuário;
- o serviço deve conter apenas a informação que o usuário necessita;
- o conteúdo deve estar organizado em pequenos blocos de informação (*chunks*) e organizado de acordo com a tarefa que o usuário irá realizar.

Em seu relatório sobre *design* de usabilidade para Internet móvel, *Xie* [Xie03] apresenta alguns princípios para *design* de interface de usuário, interação e estrutura de navegação para sistemas

móveis¹⁰. A interface com o usuário é considerada a representação mais importante de um serviço de informação móvel e deve ser simples e padronizada (consistência). O *design* da interação, no que diz respeito à entrada e saída de dados, deve se guiar pela premissa de que a interação com o usuário deve ser mínima. Vejamos algumas *guidelines* relativas à **entrada** de dados [Xie03]:

- usar números como entrada sempre que possível;
- usar abreviações conhecidas;
- oferecer listas de opções (com valores *default* quando possível);
- colocar rótulos nos botões de hardware sempre que possível;
- usar convenções padronizadas para os botões.

Para **saída** de dados, temos as seguintes *guidelines*:

- estimar o tamanho da tela e a qualidade da informação que poderá ser exibida no dispositivo alvo;
- reduzir a necessidade de exibir informação por meio da personalização em relação às necessidades do usuário;
- projetar pequenos blocos (*chunks*) de informação que possam ser visualizados de uma só vez na tela e, em uma carta¹¹, estruturar blocos de textos grandes.
- usar múltiplas cartas¹² em um baralho ao invés de cartas grandes ou múltiplos baralhos.

Sobre a **estrutura de navegação** ([Xie03]), vejamos as *guidelines* a seguir:

- a navegação deve priorizar as tarefas-chave para o usuário; os novatos devem ser apresentados aos serviços da forma mais concisa possível;

¹⁰ Neste estudo são analisadas aplicações **WAP** (*Wireless Application Protocol*).

¹¹ Como já foi dito, o estudo usado como referência diz respeito a aplicações que usam tecnologia WAP. Documentos para sites WAP são escritos em WML (*Wireless Markup Language*). Um documento WML é chamado de baralho (*deck*). O baralho é mais ou menos equivalente a uma página de um *website* tradicional. Quando se acessa um documento WML, o baralho inteiro é carregado no dispositivo. As cartas são partes do baralho pelas quais o usuário navega. A navegação se dá pulando de uma carta para outra. (Em: <http://www.123wapinfo.com/FAQS/WAP/>. Acesso 26 mar. 2005)

¹² Idem.

- deve haver o mínimo possível de *links* na página de entrada (em listas muito longas os primeiros itens serão esquecidos à medida que o usuário rolar a tela);
- o número de cliques deve ser mínimo (a cada *link* clicado, ocorre um atraso inerente ao acesso ou carga de dados);
- deve sempre haver um botão voltar (para página anterior);
- devem ser usadas convenções sugestivas para *links*, principalmente se não for possível usar a convenção de texto sublinhado para representá-los;
- todo elemento gráfico deve estar confinado nas dimensões da tela;
- a formatação deve permitir explorar o texto ao invés de lê-lo (tópicos em negrito, listas);
- *links* e cabeçalhos devem ser o mais úteis possível à navegação;
- títulos de páginas devem ser significativos o suficiente para dar ao usuário uma idéia de onde ele está na aplicação ou serviço;
- jargão e abreviações devem ser evitados;
- os serviços devem ser testados em diferentes dispositivos para verificar a integridade do conteúdo exibido.

Buchanan et al. [Buchanan+01] em um estudo sobre a usabilidade em que se discute principalmente o tamanho da tela e a estrutura da navegação, nos oferecem as seguintes *guidelines*¹³ sobre o *design* da interface:

- fornecer conteúdo altamente direcionado: o acesso deve ser simples e o conteúdo de valor para o usuário;
- reduzir navegação entre páginas ao mínimo possível;
- redução da rolagem vertical pela simplificação do texto a ser exibido;
- reduzir a entrada de dados e a seleção de opções a um mínimo, por meio da simplificação da navegação;
- combinar avaliação teórica e empírica para elaborar novas formas de melhorar a usabilidade.

¹³ Neste estudo são analisadas aplicações **WAP** (*Wireless Application Protocol*).

Chan et al. [Chan,S+02] realizaram uma pesquisa em que foram avaliados três tipos de sistemas móveis: celulares com WAP, PDAs com *Palm OS* e Pocket PCs com Windows CE, tendo, como foco principal, o comércio eletrônico em sistema móvel (*m-commerce*). Segundo este trabalho, a atenção insuficiente dada às necessidades de dados e tarefas do usuário em sistemas móveis, dificulta sua adoção. Da mesma forma, a adoção em larga escala do *m-commerce* não ocorre, ainda, devido às suas limitações tecnológicas e a pouca visibilidade financeira. Considera-se a usabilidade o maior desafio para as aplicações de *m-commerce* e são propostas as seguintes *guidelines*:

- a) evitar rolagem da tela, especialmente horizontal;
- b) minimizar níveis na hierarquia da informação;
- c) projetar uma navegação consistente com um navegador tradicional (Internet fixa);
- d) ter um botão voltar com mesma função realizada em um navegador tradicional (é o botão mais usado de um navegador tradicional);
- e) fornecer um histórico de navegação que grava a ordem em que os *links* foram percorridos;
- f) fornecer indicadores da intensidade do sinal e do progresso da carga de dados (*download*) em cada página;
- g) fazer com que os usuários **não** tenham que lembrar itens durante a navegação ou tarefas;
- h) limitar o escopo da pesquisa e melhorar sua eficiência.

Duda et al. [Duda+01], em relatório onde avaliam os fatores que determinam a aceitação de sistemas móveis pelo usuário, apresentam, entre outros resultados, as seguintes *guidelines*:

- envolver o usuário em todo o ciclo de desenvolvimento, a fim de aproximar o *design* o máximo possível de suas expectativas;
- fornecer conteúdo relacionado com atividades que se quer ou se necessita fazer enquanto em movimento (como consultar horário de vôos);
- as opções e funcionalidades fornecidas devem ser as mínimas necessárias. Este é o principal paradigma da usabilidade para sistemas móveis;
- manter a interação tão óbvia e descomplicada quanto possível (*KISS* - “*Keep It Simple and Stupid*”);
- a personalização melhora a usabilidade, pois torna a interação mais direta e relacionada a necessidades específicas;

- implementar serviços que se tornam disponíveis de acordo com a localização (serviços sensíveis a este aspecto do contexto, a localização), permitindo ao usuário usar aplicações relacionadas com o lugar onde se encontra (esta função deve ser passível de ser desativada pelo usuário);
- nomes (curtos) de categorias, opções e *links* que de fato comuniquem o que o usuário espera encontrar;
- navegação transparente: o usuário precisa saber onde está, de onde veio e como continuar;
- minimizar entrada de texto;
- consistência entre partes da aplicação e em relação a convenções da Internet tradicional;
- não falar de tecnologia – os usuários querem saber das funcionalidades e dos benefícios disponíveis, não estão interessados na tecnologia utilizada.

3.2.5 Considerações Finais

Na Tabela 3.2, foram reunidas todas as *guidelines* apresentadas no item anterior, sumarizadas quando possível. Elas foram organizadas de modo a representar os principais atributos discutidos nesta seção. Podemos observar dois grupos de *guidelines*: o primeiro grupo, formado pelas características de 1 a 8, correspondem às *guidelines* relacionadas com aquelas características apresentadas nesta seção como específicas de usabilidade para sistemas móveis. Com isto não se quer dizer que muitas destas *guidelines* não se apliquem a aplicações em geral, mas que têm uma relevância particular no caso de sistemas móveis. O segundo grupo, formado pelas características restantes (9 a 11) contém *guidelines* relacionadas à usabilidade em geral, ao *design* do conteúdo e arquitetura da informação.

Há muitas *guidelines* motivadas pelas limitações dos sistemas móveis: eficiência, confiabilidade, estrutura da navegação e *design* do conteúdo, lidam com aspectos relacionados a dificuldades para a entrada de dados, exibição da informação, navegação e estabilidade dos recursos do sistema. Dentre estas estão também aquelas para as quais foram elaboradas o maior número de recomendações, ou seja, que aparecem de forma recorrente na literatura. As demais - mobilidade, utilidade, relevância, facilidade de uso, foco no usuário, personalização e consistência – também lidam com limitações, mas estas relacionadas ao propósito de uso e influência do contexto, como acesso rápido e fácil ao conteúdo ou serviço de interesse. Cabe

dizer ainda que este agrupamento não é excluyente, já que a maioria das características, em maior ou menor grau, contribui para lidar tanto com as limitações do sistema quanto às relacionadas ao uso.

Muito embora já existam dispositivos como PDAs voltados exclusivamente para entretenimento e multimídia (vide **Capítulo 4**), bem como pesquisas e mesmo aplicações comerciais para comércio eletrônico em dispositivos móveis (conforme citado na seção 3.2.1), não foram identificadas de maneira clara, preocupações relacionadas a aspectos como estética e segurança. Acreditamos que isto reflita o atual estágio do uso destes dispositivos, considerando que não há ainda, uso massivo de dispositivos móveis para comércio eletrônico e que estes dispositivos ainda não sejam usados para aplicações tais como entretenimento como objetivo principal.

Devemos considerar, ainda, que a distância entre as expectativas dos usuários e a qualidade do produto e do serviço oferecido ainda é muito grande para fazer com que sistemas móveis como a Internet móvel sejam de uso massivo [Duda+01]. Os fatores determinantes para aceitação de serviços móveis são utilidade e usabilidade. O comportamento do usuário em movimento é caracterizado pela necessidade de resolver problemas rapidamente, a despeito do uso do dispositivo para passar o tempo seja também corrente. Os usuários esperam que a Internet móvel se torne mais fácil, barata, estável e rápida.

Estudos empíricos recentes [Kim+02], entretanto, que revelam que os usuários usam Internet móvel apenas em um número reduzido de contextos, contrariando a idéia comum de que o uso seja realizado nos contextos os mais variados possíveis, sugerem que muito há ainda que avançar no estudo da usabilidade móvel.

No próximo capítulo, estudaremos vários aspectos da usabilidade na perspectiva de um tipo de dispositivo em particular: o PDA.

Tabela 3-2 – Guidelines para Sistemas Móveis

Característica	<i>Guideline</i> para Sistemas Móveis
1. Mobilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ fornecer conteúdo relacionado com atividades que se quer ou se necessita fazer enquanto em movimento .
2. Utilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ serviço deve contribuir para simplificar a vida do usuário.
3. Relevância	<ul style="list-style-type: none"> ▪ o serviço deve conter apenas a informação que o usuário necessita; ▪ fornecer conteúdo altamente direcionado: o acesso deve ser simples e o conteúdo de valor para o usuário.
4. Facilidade de uso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ fazer com que os usuários não tenham que lembrar itens durante a navegação ou tarefas; ▪ colocar rótulos nos botões de hardware sempre que possível; ▪ serviço fácil e confortável de usar; ▪ manter a interação tão óbvia e descomplicada quanto possível (<i>kiss</i> - “<i>keep it simple and stupid</i>”).
5. Foco no usuário	<ul style="list-style-type: none"> ▪ envolver o usuário em todo o ciclo de desenvolvimento, a fim de aproximar o <i>design</i> o máximo possível de suas expectativas; ▪ combinar avaliação teórica e empírica para elaborar novas formas de melhorar a usabilidade; ▪ a navegação deve priorizar as tarefas-chave para o usuário; os novatos devem ser apresentados aos serviços da forma mais concisa possível; ▪ não falar de tecnologia – os usuários querem saber das funcionalidades e dos benefícios disponíveis, não estão interessados na tecnologia utilizada.
6. Personalização	<ul style="list-style-type: none"> ▪ reduzir a necessidade de exibir informação por meio da personalização em relação às necessidades do usuário; ▪ personalização melhora a usabilidade, pois torna a interação mais direta e relacionada a necessidades específicas; ▪ implementar serviços que se tornam disponíveis de acordo com a localização, permitindo ao usuário usar aplicações relacionadas com o lugar onde se encontra.
7. Eficiência do uso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ usar números como entrada sempre que possível; ▪ estimar o tamanho da tela e a qualidade da informação que poderá ser exibida no dispositivo alvo; ▪ o número de cliques deve ser mínimo (minimizar o atraso); ▪ redução da rolagem vertical pela simplificação do texto a ser exibido; ▪ evitar rolagem da tela; ▪ limitar o escopo de pesquisas e melhorar sua eficiência; ▪ as opções e funcionalidades fornecidas devem ser as mínimas

	<ul style="list-style-type: none"> ▪
8.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ necessárias. Este é o principal paradigma da usabilidade para sistemas móveis. ▪ fornecer um histórico de navegação que grava a ordem em que os <i>links</i> foram percorridos ; ▪ fornecer indicadores da intensidade do sinal e do progresso da carga de dados (<i>download</i>) em cada página .
9. Confiabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ os serviços devem ser testados em diferentes dispositivos para verificar a integridade do conteúdo exibido.
10. Consistência	<ul style="list-style-type: none"> ▪ usar convenções padronizadas para os botões; ▪ projetar uma navegação consistente com um navegador tradicional; ▪ ter um botão voltar com mesma função realizada em um navegador tradicional; ▪ consistência entre partes da aplicação e em relação a convenções da Internet tradicional; ▪ devem ser usadas convenções sugestivas para <i>links</i>.
11. Estrutura da navegação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ navegação transparente: o usuário precisa saber onde está , de onde veio e como continuar; ▪ estrutura de navegação clara, simples e rasa; ▪ <i>links</i> e cabeçalhos devem ser o mais úteis possível à navegação; ▪ minimizar níveis na hierarquia da informação; ▪ usar múltiplas cartas em um baralho ao invés de cartas grandes ou múltiplos baralhos; ▪ deve haver o mínimo possível de <i>links</i> na página de entrada; ▪ reduzir navegação entre páginas ao mínimo possível. ▪ reduzir a entrada de dados e a seleção de opções a um mínimo, por meio da simplificação da navegação.
12. Design do conteúdo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ a formatação deve permitir explorar o texto ao invés de lê-lo; ▪ o conteúdo deve estar organizado em pequenos blocos de informação (<i>chunks</i>) e organizado de acordo com a tarefa que o usuário irá realizar. ▪ usar abreviações conhecidas; ▪ jargão e abreviações arbitrárias devem ser evitados; ▪ todo elemento gráfico deve estar confinado nas dimensões da tela; ▪ oferecer listas de opções (com valores <i>default</i> quando possível); ▪ projetar pequenos blocos (<i>chunks</i>) de informação que possam ser visualizados de uma só vez na tela e, em uma carta, estruturar blocos de textos grandes; ▪ nomes (curtos) de categorias, opções e <i>links</i> que de fato comuniquem o que o usuário espera encontrar. ▪ títulos de páginas devem ser significativos o suficiente para dar ao usuário uma idéia de onde ele está na aplicação ou serviço;

Capítulo 4 – Personal Digital Assistants (PDAs)

Neste capítulo, concentraremos o foco em PDAs, procurando explorar suas particularidades no cenário de sistemas móveis. Como no **Capítulo 3**, as aplicações para Internet móvel serão consideradas preferencialmente.

4.1 Histórico¹⁴

Os *Personal Digital Assistants* (PDAs), também conhecidos como computadores de mão, computadores de bolso ou *palmtops*, são dispositivos portáteis, pequenos o suficiente para caber na palma da mão, e originalmente desenvolvidos para desempenhar as mesmas funções dos organizadores pessoais em papel: calendário, agenda telefônica, caderno de endereços, agenda de compromissos, pequenas anotações e outras funções relacionadas ao planejamento pessoal. Atualmente, além das funções de um organizador, estes dispositivos oferecem aplicações mais sofisticadas como software para gerenciamento financeiro, planilha e processador de texto; são capazes de sincronizar dados com computadores pessoais, além de possuírem tecnologia de rede e Internet.

O primeiro dispositivo do gênero surgiu em 1984 no Reino Unido, com o lançamento pela empresa *Psion*¹⁵, do organizador *Psion 1*. Este dispositivo possuía um banco de dados com função de busca, um pacote com funções matemáticas, uma tela de 16 caracteres de cristal líquido, um relógio e um calendário e era, opcionalmente, programável. O termo PDA foi criado em 1992 pelo então presidente da *Apple Computer*¹⁶, *Jonh Sculley* ao apresentar o *Apple Newton*, que passou a ser conhecido como o primeiro PDA do mundo. *Newton* era o nome de seu sistema operacional e o nome oficial do dispositivo era *MessagePad* (vide Figura 4.1).

¹⁴ Esta seção foi desenvolvida com base nas referências [PCtechguide] e [Wikipedia]. Demais referências serão feitas explicitamente.

¹⁵ <http://www.pSION.com/>

¹⁶ <http://www.apple.com/>

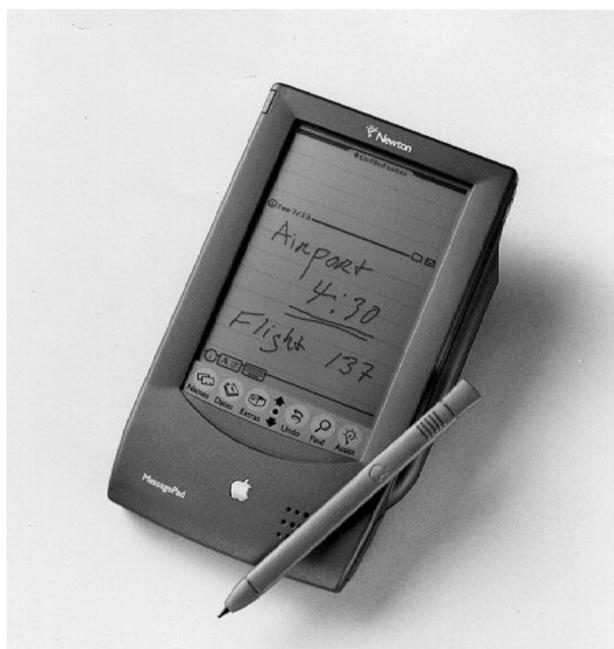


Figura 4.1 – Apple Newton MessagePad¹⁷

O *Apple Newton* possuía vários aplicativos, tais como agenda, contatos, planilha, processador de texto, entre outros; seus dados podiam ser sincronizados com um PC e, através de um modem, podia receber e enviar fax e e-mail ou ser conectado à Internet. Sua tela era de 320 x 240 *pixels*. O *Newton* foi um fracasso comercial, devido ao seu tamanho (grande, para carregar no bolso), alto custo e problemas com a entrada de dados, feita por meio de reconhecimento de escrita [Gessler+95].

Desde o lançamento do *Psion 1*, muitos fabricantes entraram no mercado, aumentando a competitividade e o ritmo da evolução tecnológica. Um marco nesta evolução é representado pela criação do sistema de escrita *Graffiti*, pela *Palm Computing*¹⁸ em 1994. Em função do seu tamanho, PDAs precisam ou de pequenos teclados ou de alguma forma de reconhecimento de escrita para entrada de dados. A *Apple* falhou em sua proposta de reconhecimento de escrita, que era complexo e nunca se tornou rápido e confiável o suficiente. A solução trazida pela *Palm*

¹⁷ Figura disponível em < http://www.msu.edu/~luckie/gallery/images/mp_photo.jpg >

¹⁸ <http://www.palm.com/>

baseia-se na escrita com caneta *stylus*, em uma tela sensível ao toque e em um alfabeto simplificado, facilmente aprendido pelo usuário.

Esta inovação segmentou o mercado de PDAs que, no final da década de 90 ficou caracterizado por dois principais tipos de dispositivos portáteis: os com teclado (maiores) e aqueles com entrada de dados baseada na caneta *stylus* (menores). Até o fim de 2001, entretanto, a demanda por PDAs com teclado caiu significativamente.

Em termos de arquitetura, os PDAs, em sua maioria, usam a arquitetura conhecida como *Acorn RISC¹⁹ Machine* (ARM). Trata-se de uma classe de processadores RISC bastante usada em dispositivos móveis e sistemas embutidos. Os principais sistemas operacionais usados em PDAs, sua posição no mercado e alguns de seus representantes mais populares podem ser visualizados nas figuras de 4.2 a 4.5.



Figura 4.2 - palmOne²⁰ Tungsten T5

Palm OS (PalmSource²¹), com 40,5 % do mercado.



Figura 4.3 - iPAQ²² h555x

PocketPC²³ (Windows CE - Microsoft²⁴)
com 40,4 % do mercado.

¹⁹ *Reduced Instruction Set Computer*.

²⁰ <http://www.palmone.com/>

²¹ <http://www.palmsource.com/>

²² <http://welcome.hp.com/country/us/en/prodserv/handheld.html>

²³ <http://www.microsoft.com/windowsmobile/pocketpc/default.aspx>

²⁴ <http://www.microsoft.com/>



Figura 4.4 – BlackBerry 7100T
BlackBerry (Research In Motion²⁵),
com 14,8% do mercado



Figura 4.5 – Yopy²⁶ – YP3500
Linux (software livre), com 1,9% do mercado

Os dispositivos da Figura 4.2, Figura 4.3 e Figura 4.5 são PDAs tradicionais, sendo os dois primeiros com entrada de dados via caneta *stylus* e o último, um exemplar com teclado²⁷ (que vem diminuindo de tamanho). Os demais são exemplos da tendência atual de convergência entre telefones celulares e PDAs. Na Figura 4.4, temos o *Blackberry*, definido como um comunicador portátil, com funções principais de telefone e gerenciador de e-mails. Possui ainda aplicações de organizador e navegador na Internet. A Figura 4.6 mostra um *smartphone* da Motorola, que combina funções de PDA e celular.

As vendas mundiais de PDAs caíram em 2004. Algumas empresas, como a Sony²⁸, pararam de vender PDAs nos Estados Unidos e é possível que outros fabricantes sigam esta tendência [Veja04]. Alguns analistas acreditam que o PDA tradicional deixará de existir, convergindo para o *smartphone*. Outros acreditam que o mercado se dividirá em dois: um de usuários a quem os

²⁵ <http://www.rim.com/>

²⁶ <http://www.gmate.com/>. A versão de Linux usada pela G. Mate é a ARM Linux < <http://www.arm.linux.org.uk/> >

²⁷ Alguns modelos com entrada de dados via caneta *stylus* possuem entrada para conexão de um teclado portátil. Também modelos com teclado suportam interação via caneta *stylus*.

²⁸ <http://www.sony.com/>



Figura 4.6 - Smartphone Motorola²⁹ A1010³⁰
Symbian OS (Symbian³¹)

smartphones atendem (considerando suas limitações de recursos e aplicações) e outros que precisam, de fato, de um computador portátil enquanto estão em trânsito, requisitos atendidos somente por PDAs. Neste segmento (computador portátil), fala-se ainda nos ultra Personal Computers, uPC, computadores de mão com os mesmos recursos de um PC, de tamanho um pouco maior que um PDA (Figura 4.7).



32

Figura 4.7 – Ultra Personal Computer OQO³³ – Model 01

²⁹ <http://www.motorola.com/>

³⁰ Figura e especificações disponíveis em < http://www.symbian.com/phones/mot_a1010.html >

³¹ <http://www.symbian.com/>

³² Figura disponível em < http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia_2004/p_028.html >.

³³ <http://www.oqo.com/>

4.2 Aplicações

Em experimentos com o primeiro PDA, o *Apple Newton*, *Gessler et al.* ([Gessler+94], [Gessler+95]) vislumbraram a transição dos PDAs de dispositivos que possibilitavam apenas o uso de aplicações *stand-alone* para dispositivos que ofereceriam também uma interface inteligente de comunicação tanto síncrona quanto assíncrona, tanto entre pessoas quanto entre dispositivos. A transição se daria à medida que suas limitações de recursos fossem superadas e a comunicação sem fio estivesse disponível. Com seu poder ampliado, o PDA satisfaria a visão de computação ubíqua proposta por *Weiser* [Weiser96].

Deste modo, sendo capaz de acessar sistemas de informação global como a WWW, o PDA viabilizaria o uso de banco de dados remotos, o aprendizado à distância, a publicação de conteúdo com texto, figuras, sons e pequenos filmes, a publicação de documentação on-line. Outras aplicações possíveis incluiriam shoppings virtuais, previsão do tempo, bancos de dados médicos, bibliotecas virtuais, exposições virtuais, dicionários on-line, dentre outros. Em um exercício de imaginação, *Gessler* até mesmo descreve a concepção de dois serviços: uma biblioteca virtual e um guia de viagem para dispositivos móveis.

Nesta seção, apresentaremos pesquisas desenvolvidas com PDAs, várias das idéias apresentadas acima que vêm sendo viabilizadas. O objetivo é mostrar os diversos campos de aplicação que se beneficiam ou podem vir a se beneficiar do uso destes dispositivos, e, sempre que possível, mostrar considerações de usabilidade que permearam seu desenvolvimento.

Um guia turístico. Em artigo de 1997, *Abowd et al.* [Abowd+97] apresentam o projeto *Cyberguide*, um guia turístico sensível ao contexto para dispositivos móveis. Do contexto, levou-se em conta, por simplificação, apenas a localização (atual e passada) e a orientação. O objetivo final do projeto foi desenvolver uma aplicação que soubesse onde o turista está, o que procura e que fosse capaz de prever questões que o turista pudesse fazer, oferecendo a possibilidade de interação também com outras pessoas e com o ambiente. Progressos neste sentido foram demonstrados ao longo dos vários protótipos desenvolvidos para uso tanto em ambiente fechado quanto aberto e para diferentes plataformas de dispositivos portáteis. Por meio do projeto, foi

possível avaliar, dentre outros aspectos, que plataformas existentes comercialmente poderiam suportar a solução pretendida e como a sensibilidade ao contexto contribuiria para o novo paradigma de interação (em relação à interação com dispositivos fixos), trazendo, assim, descobertas de importância tanto teórica quanto prática para a computação ubíqua.

Navegação pela Internet com eficiência. Perseguindo soluções para as limitações que caracterizam a computação móvel (tela pequena, baixa capacidade de armazenamento, duração limitada da bateria, baixa velocidade da CPU, largura de banda baixa, recursos inadequados para entrada de texto) *Buyukkokten et al.* [Buyukkokten+00] apresentam seu *PowerBrowser*, um navegador construído com base em várias estratégias para otimizar o acesso à Internet do ponto de vista do sistema e do usuário. A abordagem proposta, não assume que os sites estejam preparados para exibição em PDA. As páginas acessadas são analisadas dinamicamente para fornecer um sumário da estrutura do site, disponibilizado com recursos de navegação que facilitam sua exploração. A sumarização por si só otimiza o acesso ao conteúdo, ao oferecer um resumo estruturado do site de origem. Dentre os demais recursos utilizados estão: a opção de ordenação de *links* por *page rank* (algoritmo que permite estimar a importância de um *link*), atalhos para entrada de texto (como a presença de listas de sufixos e prefixos mais comuns na Internet para entrar com uma URL usando a caneta *stylus*). A performance do sistema e do usuário foi testada em um estudo comparativo com outros navegadores para PDA e a análise dos resultados revelou que as estratégias propostas na implementação do *PowerBrowser* trouxeram grandes ganhos de eficiência.

Sistema para pagamentos on-line. *Karvonen* [Karvonen00a] descreve dois estudos conduzidos para criar um projeto de interface para um PDA que funcionaria como um dispositivo para pagamentos, usando autorização baseada em certificados digitais para autenticação das transações. Em se tratando de pagamentos on-line, o aspecto mais importante da interação para os usuários, sem dúvida, é a segurança. Transmitir a idéia de segurança por meio de uma interface com área de exibição limitada, de modo que, a cada momento da interação toda a informação necessária para realizar a operação ou passo esteja disponível na tela, está longe de ser simples. Além disso, deveria ser levada em consideração a necessidade de orientar o usuário no uso de um

conceito com o qual a maioria dos usuários não está familiarizada, o de certificados digitais³⁴. A solução proposta foi usar uma metáfora para os certificados, fazendo analogia com um talão de cheques: cada certificado corresponde a um cheque utilizado para efetuar um pagamento.

No *design* da interface, o estudo propõe a opção pela simplicidade, não só pelo fato de se estar lidando com uma interface de dimensões reduzidas, mas também por demonstrada preferência do usuário (Internet fixa) por uma interface simples quando faz pagamentos on-line. Este requisito atende à necessidade do usuário de conseguir visualizar o que acontece em cada etapa da operação e é fundamental para ganhar sua confiança no serviço.

Para avaliar a usabilidade, foi utilizado neste trabalho ([Karvonen00a]) o método teste de usabilidade iterativo (coleta de informação qualitativa), que se baseia em métodos etnográficos. Foram realizados dois testes com grupos distintos: um para avaliar a funcionalidade básica e outro que exigia que os usuários entendessem o funcionamento da aplicação para solucionar problemas propostos. No primeiro teste, o vocabulário usado fazia referência aos mesmos termos usados na interface. No segundo teste, os usuários deveriam interpretar a interface para realizar as tarefas.

No primeiro teste, pelo fato de se usar o mesmo vocabulário usado para descrever a interface na descrição das tarefas, os usuários concluíram todas as tarefas, embora não tivessem boa compreensão do que estavam fazendo. No segundo teste, todos os usuários concluíram todas as tarefas, mas revelaram interpretar incorretamente itens da interface ou formas de realizar determinada tarefa. A metáfora do talão de cheques revelou-se não-eficaz para usuários mais jovens ou com usuários não familiarizados com o uso de cheques. Os resultados demonstraram que é necessário que a interface seja bem compreendida pelo usuário (um requisito para adquirir sua confiança) e que é difícil encontrar metáforas que funcionem para todos.

³⁴ Um **certificado digital** é um certificado que usa **assinatura digital** (método de autenticação análoga a assinatura em papel, implementado por meio de técnicas de criptografia) para associar uma chave pública (forma de criptografia) com uma informação como, por exemplo, o nome de uma pessoa ou empresa [Wikipedia].

Busca personalizada de informação. O acesso ubíquo à informação, traz a necessidade de ajudar os usuários a acessar informação relevante com o mínimo esforço. Considerando o custo da transmissão de dados em redes sem fio, existe também a necessidade de reduzir a quantidade de informação que precisa ser transmitida. Com esta motivação, *Billsus & Pazzani* [Billsus+00] propõem o uso de agentes³⁵ de informação inteligentes (que aprendem os interesses do usuário) para simplificar tarefas relacionadas com acesso à informação por meio da comunicação sem fio. O experimento foi realizado com um PDA (*Palm OS*). O foco da pesquisa foi um agente com capacidade de aprender, projetado para ajudar os usuários a acessar reportagens de seu interesse. O aprendizado se daria por meio da “observação” do comportamento de navegação do usuário, ou seja, o sistema automaticamente classifica (atribui pontos) à importância da informação baseado em critérios como: o usuário acessou a manchete, o usuário requisitou ou não a próxima página daquele conteúdo, o usuário baixou ou não a reportagem completamente. Os resultados demonstraram que esta estratégia de personalização é bastante eficaz para trazer informação de interesse do usuário, conseqüentemente minimizando a transmissão de informação e os custos envolvidos.

Manipulação de conteúdo multimídia. No trabalho de *Lee et al.* [Lee+00], vemos relatado o desenvolvimento de uma interface para PDA a partir de uma aplicação originalmente desenvolvida para PC. Trata-se de um sistema que possibilita gravar, analisar, navegar e exibir programas de TV. O *design* para PDA implicou na adoção de uma abordagem sistematizada para o desenvolvimento da interface. Esta abordagem permite identificar conjuntos de opções de *design* e, levando em conta o contexto, selecionar o *design* mais adequado para a situação. Para esta aplicação, havia, por exemplo, opções de *design* mais adequadas para uso com as duas mãos e para uso com uma só mão disponível. O estudo discute a necessidade de personalização, apresentando a idéia de *design* universal, aquele potencialmente capaz de suportar uma variedade de usuários em seus diferentes contextos. O estudo é concluído destacando-se, ainda, que apenas o progresso tecnológico não garante a aceitação do uso da tecnologia no produto final. Muitas falhas de usabilidade são encontradas em dispositivos portáteis devido ao desenvolvimento de

³⁵ Um agente de software é um programa autônomo ou semi-autônomo, capaz de tomar decisões e satisfazer objetivos internos, baseado no ambiente. [Wikipedia]

aplicações baseadas no paradigma de dispositivos de mesa, sem qualquer adaptação. É, necessário, portanto, estudar em profundidade o contexto de uso.

Educação auxiliada por dispositivo móvel (*m-learning*). *Chan & Sharples* [Chan,T+02] nos apresentam a implementação e avaliação de uma ferramenta de mapeamento de conceitos (*concept map* ou *mindmap*). Esta ferramenta tem por objetivo gravar e organizar informação por meio de associação semântica visual. O projeto, conhecido como *HandLer (Handheld Learning Resource)*, e desenvolvido originalmente para um *tablet computer*, propõe o desenvolvimento de uma aplicação em PDA (*Pocket PC*) para dar suporte a projetos de aprendizado. O dispositivo, sempre conectado, permitiria aos usuários a captura, organização e compartilhamento de objetos multimídia (anotações, sons e imagens) específicos do contexto de aprendizado.

A adaptação para PDA implicou em abrir mão ou redefinir alguns recursos. A interface de usuário desenvolvida na versão anterior para *tablet Computer*, por exemplo, era baseada em um avatar³⁶ por meio do qual se tinha acesso a funcionalidades da aplicação. A versão para *Pocket PC* não poderia arcar com este recurso que foi substituído por uma lista de comum de funcionalidades disponíveis (*application launcher*).

O projeto da aplicação privilegiou algumas características de usabilidade. A estrutura da navegação foi projetada de forma a diminuir a necessidade de acessar a barra de menus, fornecendo, assim, uma maneira mais confortável de interagir com o sistema. A fim de proporcionar flexibilidade e eficiência no uso, várias maneiras de fazer uma dada tarefa foram disponibilizadas, de modo que houvesse caminhos adequados para iniciantes e para expertos.

O dispositivo escolhido (*iPAQ*) foi considerado fino e leve pelos usuários (boa portabilidade) e sua performance foi considerada mais do que satisfatória mesmo com testes envolvendo vídeo; a duração da bateria (6 a 9 h) também foi bastante superior em comparação com *tablet computer* (1 a 2 h).

³⁶ Ícone ou representação de um usuário em uma realidade virtual compartilhada [Wikipedia].

A aplicação foi submetida a uma avaliação heurística, que revelou os seguintes pontos fortes: facilidade de aprendizado, facilidade de operação e consistência. O *help* e documentação foram considerados aceitáveis. Entre os pontos a melhorar estão a navegação, a forma de remoção de conteúdo, a linguagem técnica na interação com conteúdos, a dificuldade de entrar texto com o teclado que pode ser exibido na tela e a exibição de sites não projetados para PDAs.

Suporte a pessoas com necessidades especiais. *Carmien* [Carmien02] descreve um sistema de alerta para pessoas com cognição limitada. Sistemas de alerta (*prompting systems*) quebram uma tarefa em suas partes constituintes e criam alertas compostos de imagens e instruções verbais (sonoras) em cada passo da tarefa. Para pessoas com necessidades especiais, sistemas com estas características podem representar a transição de uma vida assistida por outrem para uma vida independente ou semi-independente e a mobilidade pode aumentar o alcance desta independência. O público alvo do sistema em questão, conhecido como MAPS (*Memory Aiding Prompting System*), são pessoas com limitações cognitivas, mas passíveis de serem treinadas (não sabem ler, têm problemas de memória, não compreendem abstrações e sua linguagem é limitada, mas têm habilidades cognitivas e motoras suficientes para lidar com os sistemas de alerta e realizar tarefas com seu apoio).

O estudo descreve experimentos no uso do sistema MAPS no apoio a tarefas como comprar mantimentos ou tomar um ônibus sozinho. Testes de usabilidade representam um desafio para a área, pois é difícil fazer testes com o público-alvo e identificar e avaliar suas necessidades a partir dos resultados. Contudo, a avaliação de usabilidade é fundamental para uma área que conta com um alto índice de rejeição e abandono de dispositivos de apoio.

Planejamento de eventos. No trabalho de *Fithian et al.* [Fithian+03] somos apresentados a uma aplicação para planejamento de eventos desenvolvida para um dispositivo que combina telefone e PDA. O dispositivo foi escolhido por possuir uma tela maior do que a de um *smartphone*, já que a aplicação requer a visualização de mapas. Por meio desta aplicação, as pessoas cadastradas poderiam saber a localização umas das outras (visualização em mapa), poderiam planejar eventos e ser convidadas para eventos planejados por outros. A aplicação foi avaliada por meio da observação dos usuários interagindo com a aplicação e por meio de entrevistas realizadas após o

teste. Além da preocupação dos usuários com a privacidade (embora o usuário pudesse controlar sua visibilidade), os resultados da avaliação chamam a atenção para os seguintes aspectos:

- vem se tornando evidente que certas aplicações serão adequadas apenas para dispositivos de determinado tamanho. Assim, aplicações para sistemas móveis devem ser desenvolvidas especificamente para usuários, ambiente e tecnologia-alvo e não como uma simples redução de outras aplicações (como “reduzir” *websites* tradicionais para exibição em dispositivos com tela menor);
- em termos de usabilidade, além das heurísticas tradicionais, devem ser considerados aspectos como capacidade de reassumir uma tarefa (que são interrompidas com frequência no contexto móvel) e integração entre funcionalidades;
- Aplicações sensíveis à localização devem ser capazes de distinguir ou devem fornecer mecanismos para que se distinga entre localização (uma coordenada) e um lugar (e.g. um teatro, algo que dá significado à localização).

Banco de dados médicos. Falamos aqui do acesso a uma biblioteca médica usando um PDA [Alexander+04]. A pesquisa, conhecida como *PubMed on Tap* é parte de um projeto que pretende descobrir e implementar princípios de *design* para facilitar o acesso de profissionais da saúde à informação médica em seu local de trabalho e enquanto realizam seu trabalho.

Além do uso de PDAs ser difundido entre a comunidade de profissionais da saúde (nos EUA) para a busca de informações, a motivação para o desenvolvimento de tal aplicação está no fato de que há evidências de que questões clinicamente relevantes podem ser respondidas por meio de buscas em bibliotecas médicas on-line ou bancos de dados eletrônicos com bibliografia médica como o MEDLINE³⁷. Na pesquisa, foi utilizado um software cliente para acesso à biblioteca MEDLINE, em um PDA rodando *Palm OS*, com acesso sem fio à Internet.

A aplicação foi submetida a um teste de usabilidade tradicional, por especialistas em usabilidade, em laboratório. O teste de usabilidade revelou alguns defeitos e várias oportunidades de melhoria. Das observações coletadas durante as tarefas propostas no teste de usabilidade, as identificadas

³⁷ <http://medline.cos.com/>

como de maior impacto na experiência negativa do usuário foram as relacionadas à navegação e à localização das funções. O resultado foi considerado esperado uma vez que ambos os aspectos afetam a capacidade do usuário completar uma pesquisa rapidamente. Um ponto forte identificado diz respeito à facilidade de lembrança, embora a interface não tenha sido considerada intuitiva.

Entretenimento – jogos e multimídia. Dentre os dispositivos com tamanho e funções de PDA, já encontramos dispositivos cujo principal propósito de uso está relacionado com jogos e multimídia. É o caso do *Zodiac* da *Tapwave*³⁸, conhecido como primeiro PDA com este perfil de uso (vide Figura 4.8). Além de funções relacionadas com o gerenciamento de informação pessoal, softwares de escritório (como editor de texto) e navegador para Internet, o *Zodiac* vem com jogos, tocador para MP3 e filmes e capacidade para manipular fotos [Wikipedia].



Figura 4.8 – *Zodiac* da *Tapwave* – PDA para entretenimento – jogos e multimídia.

4.3 Interface com o Usuário

Embora o foco deste capítulo seja o PDA, discutiremos, nesta seção, como a mobilidade afeta o *design* de interfaces para dispositivos móveis em geral. Uma vez que o estudo de interfaces para PDA está inserido neste contexto de *design* de interfaces para dispositivos móveis, seria difícil desconsiderá-lo e ter uma visão apropriada deste tópico.

Conforme discutido no **Capítulo 3** (seção 3.2.2 Sistemas Fixos x Sistemas Móveis), dispositivos fixos, como o computador pessoal, possuem, grosso modo, características universais; oferecem, basicamente, os mesmos recursos. Quanto aos dispositivos móveis, há uma multiplicidade de

³⁸ <http://www.tapwave.com/>

³⁹ <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Tapzodiac.jpg> .

formas e tamanhos: diversos tipos de celulares, PDAs, *smartphones*. Conseqüentemente, oferecem recursos e serviços diferentes.

Estas diferenças impõem uma complexidade maior ao desenvolvimento de aplicações e, mais sensivelmente, ao projeto da interação com o usuário para sistemas móveis. Este cenário motiva a discussão de qual a melhor abordagem para o desenvolvimento de interfaces: deve-se buscar um *design* universal, aquele que potencialmente suportaria uma variedade de usuários em variados contextos ou cada aplicação deve ser desenvolvida para um contexto, dispositivo e usuário alvos?

Fithian et al. [Fithian+03] colocam que, embora os desenvolvedores venham usando uma abordagem “codificar uma vez algo que seja passível de executar em qualquer dispositivo”, vem se tornando evidente que determinadas aplicações só serão adequadas para dispositivos de determinado tamanho. Aplicações para sistemas móveis devem ser desenvolvidas especificamente para usuários, ambiente e tecnologia-alvo e não como uma simples redução de outras aplicações. De forma semelhante, *Duda et al.* [Duda+01] observam que nem todo dispositivo móvel tem os mesmos recursos, o que implica que um serviço ou aplicação pode não ser adequado para executar em um dado dispositivo ou poderá não funcionar com a mesma qualidade e características em qualquer dispositivo.

Há ainda que considerar que dispositivos distintos servem a propósitos distintos. Laptops, por exemplo, são utilizados em sessões mais longas, com um perfil de interação mais próximo dos PCs. Computadores de bolso e telefones são usados para manipulação de informação com objetivos mais específicos e mais simples, em interações mais rápidas. Cada perfil de interação pede interfaces diferentes [Greene+03].

Outra questão a ser considerada é que algumas aplicações têm uma maior demanda por adaptação do que outras. Em aplicações como a Internet móvel, há o problema de se ter que projetar interfaces e interação com o usuário para uma pluralidade de plataformas e dispositivos. *Menkhaus & Pree* [Menkhaus+01] propõem que as interfaces devam ter a capacidade de se adaptar a esta diversidade (*User Interface tailoring*). Em ambiente *Web* isto significa ser capaz de adaptar a entrega do conteúdo a vários dispositivos, mantendo a consistência e a usabilidade do

serviço. Além disso, as interfaces devem ser capazes de se adaptar não somente a plataformas e dispositivos diferentes, mas também devem se adaptar às necessidades do usuário e ao contexto.

Neste sentido, *Greene & Finnegan* [Greene+03] propõem, para lidar com estas necessidades, interfaces adaptáveis (*Ambient Intelligence Engine*) baseadas em uma “rede” Prolog, cujas ligações entre os nós são feitas segundo fundamentos de lógica *Fuzzy* e redes neurais. Esta aplicação permitiria a construção de interfaces inteligentes, que “aprenderiam” os padrões de uso e se adaptariam às necessidades do usuário, oferecendo uma interação progressivamente mais adaptada ao usuário e ao contexto.

Thevenin & Coutaz [Thevenin+99] também propõem um tipo de adaptação de interface de usuário introduzindo o conceito de **Plasticidade de UIs**. A plasticidade é definida por duas propriedades complementares do sistema, **adaptabilidade** (*adaptability*), que diz respeito à capacidade de o sistema permitir que o usuário o personalize a partir de um conjunto de parâmetros pré-definidos e **adaptividade** (*adaptivity*), que diz respeito à capacidade do sistema adaptar-se automaticamente, sem intervenção do usuário. Em quaisquer dos casos, adaptação é definida por três dimensões ortogonais: o **alvo** (usuários, ambiente, características físicas do sistema), os **meios** (componentes do sistema modificados em consequência da adaptação), o **tempo** (estática ou dinâmica) da adaptação. Este modelo aborda, de forma sistematizada, as várias necessidades de adaptação de interfaces discutidas nesta seção.

Em suma, plasticidade da UI significa que a interface é capaz de responder a variações do sistema e do ambiente preservando a usabilidade. Tecnicamente, a solução para a implementação da plasticidade aponta para uma abordagem de *design* universal: a UI é especificada apenas uma vez para arcar com diferentes fontes de variação, minimizando o custo de desenvolvimento.

Um outro aspecto que cabe discutir é a questão do modelo conceitual no *design* da interface. No trabalho de *Hübscher-Younger* [Hübscher-Younger+01] vemos a comparação entre duas concepções de *design*: a de um modelo conceitual simples e consistente (como proposto por *Newman* [Newman+95]) e a de um modelo conhecido como interfaces permissivas (*permissive interfaces*). O primeiro modelo é caracterizado por oferecer, em geral, apenas uma forma de realizar uma tarefa, partindo do princípio de que, com esta abordagem, o usuário será capaz de

prever facilmente a que saída corresponde cada ação que realizar. O segundo modelo oferece várias formas de fazer a mesma coisa, partindo do princípio de que qualquer ação razoável deve levar a resultados razoáveis, suportando, assim, vários modelos conceituais diferentes.

O estudo compara o *design* do *Palm OS* e do *PocketPC*. O primeiro possui a filosofia do modelo conceitual simples; o segundo, das interfaces permissivas, embora com a ressalva de não aderir plenamente à definição original, já que, neste caso, ações razoáveis podem levar a saídas imprevisíveis e o usuário pode não ser capaz de identificar qualquer ação razoável para realizar uma tarefa simples. Um teste de usabilidade tradicional realizado para avaliar a performance dos usuários com tarefas relacionadas a gerenciamento de informação pessoal (que estão presentes em qualquer PDA) mostrou que os usuários foram significativamente mais eficientes no uso do dispositivo com a interface baseada em um modelo conceitual simples.

Concluindo, a mobilidade introduz fortemente a necessidade de adaptação ao contexto de uso e às necessidades do usuário, bem como à pluralidade que caracteriza os sistemas móveis. Há uma busca de soluções que passam por *designs* específicos ou universais, como também pela busca do melhor modelo conceitual. Entretanto, não existe consenso, embora possamos identificar uma tendência pelo *design* universal e indícios de que um modelo conceitual simples traga melhores resultados em termos de usabilidade.

4.4 Problemas de Usabilidade

Segundo previsões⁴⁰, o número de usuários de Internet móvel irá aumentar 18 vezes entre 2000 e 2005. No Japão, o número de pessoas que usa Internet móvel já é maior do que o de Internet tradicional. Muitos acreditam, baseados nestas tendências, que, em um futuro próximo, a maior parte do acesso à Internet será feito por meio de dispositivos sem fio ([Chae+03b], [Menkhaus+01]). Muitos estão convencidos de que a Internet móvel é a próxima “*killer application*”⁴¹ ([Chae+03b], [Chae+04], [Chan,S+02]). Entretanto, comparada ao uso de

⁴⁰ Segundo pesquisa do Intermarket Group <http://www.intermarketgroup.com/>

⁴¹ Um programa tão útil que as pessoas se dispõem a comprar um determinado tipo de hardware somente para usá-lo. [Wikipedia]

dispositivos fixos para acesso à Internet, a experiência dos usuários com dispositivos móveis continua negativa do ponto de vista da usabilidade.

Gessler et al. ([Gessler+94], [Gessler+95]), ao analisarem o PDA *Apple Newton* (o primeiro dispositivo conhecido comercialmente como PDA), discutem várias de suas limitações: tela pequena; o dispositivo era muito espesso para caber no bolso e pequeno para se tomar notas usando escrita à mão; o sistema de reconhecimento de escrita não era confiável; tinha pouco poder de processamento e pouca conectividade; o tempo de resposta no acesso à Internet era ruim; a duração da bateria era curta. Nesta época, combinar computação móvel com sistemas on-line e multimídia de informação global (e.g. Internet), era considerado “o casamento de um rato com um elefante”, “uma combinação estranha”, já que implicaria oferecer em um dispositivo pequeno e com poder de processamento muito limitado, aplicações que exigiriam grande poder de processamento. Além disso, um dispositivo sem teclado e tela pequena parecia incompatível com a tarefa de fazer buscas, tão comum em sistemas como a Internet.

Atualmente, avanços na tecnologia de hardware, software e comunicação minoraram, muitas vezes de forma drástica, várias destas limitações. Para citar apenas algumas melhorias, temos melhores tempos de resposta no acesso à Internet, maior capacidade de armazenamento de dados, maior integração com outros dispositivos. Os PDAs, hoje, têm poder de processamento cada vez maior, são cada vez mais finos e leves (portáteis) e conectáveis via comunicação sem fio. Entretanto, problemas relacionados ao tamanho da tela, à entrada de dados, à navegação e à adaptação ao contexto, embora venham passando por melhorias, permanecem desafios à usabilidade destes dispositivos. Estas e outras questões, que são comuns à maioria dos dispositivos móveis, serão detalhadas a seguir.

4.4.1 O Tamanho da Tela

Limitações dos dispositivos móveis como memória, armazenamento, processamento ou banda, tendem a sofrer melhorias ao longo do tempo. Entretanto, o tamanho da tela dificilmente será uma limitação totalmente superada, uma vez que a portabilidade impõe limitações ao tamanho do dispositivo e isto sempre restringirá o tamanho da tela.

Desde o início do uso comercial de dispositivos móveis, o tamanho da tela tem sido apontado como uma das restrições de maior impacto em sua usabilidade. Em seu experimento, *Gessler et al.* [Gessler+94] apontam o tamanho da tela e a banda de comunicação, como os que mais afetaram o “casamento” PDA – sistemas de informação global. Também para *Buyukkokten et al.* [Buyukkokten+00] telas pequenas são o recurso que afeta mais diretamente a experiência do usuário. Um estudo sobre impacto do tamanho da tela na realização de tarefas típicas da Internet, demonstrou, por exemplo, que usuários de Internet móvel seguem *links* menos frequentemente que usuários de Internet fixa e que sua taxa de sucesso é mais baixa [Buyukkokten+00]. Em um estudo que critica duramente a usabilidade de serviços WAP, *Ramsay & Nielsen* [Ramsay+00] relatam que os erros de *design* são ainda mais graves por muitas vezes desconsiderarem as limitações impostas pelo tamanho da tela.

Por outro lado, argumentando que ninguém espera “escrever uma carta em um *post-it*” *Buchanan et al.* [Buchanan+01] colocam que, críticas relacionadas à usabilidade de aplicações WAP e ao tamanho da tela são fruto do desenvolvimento de aplicações e expectativas equivocadas; que deve-se ter em mente que uma tela pequena só servirá a propósitos específicos. De maneira consoante com esta afirmação, *Nielsen* [Nielsen03] declarou, em um experimento com um dispositivo que combina funções de PDA e celular⁴² que, embora telas maiores pudessem oferecer uma melhor interface com o usuário, o tamanho da tela em questão (240 x 160 *pixels*) era grande o suficiente para oferecer uma boa visibilidade das opções e informações apresentadas e que ofereceria um compromisso aceitável, para algo que precisa ser carregado o dia inteiro. De qualquer forma, mesmo nestes casos, predomina a idéia de que o tamanho da tela é uma restrição das mais importantes e que precisa de atenção especial.

Conforme relatado em *Buchanan et al.* [Buchanan+01] as primeiras pesquisas com telas pequenas foram realizadas na década de 80 e início da década de 90. Estes estudos mostram que a legibilidade e compreensão da informação não são prejudicadas pela redução do tamanho da tela. Embora o tempo para escolher uma opção aumente com a diminuição do tamanho da tela, problemas sérios somente ocorrem quando a tela é tão diminuta que apenas uma opção pode ser exibida de cada vez. Em suma, estes estudos indicam que a performance do usuário na seleção

⁴² PDA Sidekick da Danger www.danger.com

de opções piora à medida que o tamanho da tela diminui, mas que o efeito não é dramático. Entretanto, estudos mais recentes, relacionados com interação na *Web* (Internet fixa) identificaram uma piora de até 50% na performance do usuário com a diminuição do tamanho da tela ([Chae+03b], [Chae+04]).

Estes resultados, aparentemente inconsistentes, não chegam a ser conflitantes. As primeiras telas estudadas tinham dimensões da ordem da metade ou $\frac{1}{4}$ de um monitor VGA típico (1024 x 768 pixels). Comparadas às de dispositivos móveis, teremos dimensões bem menores (PDA – 360 x 240; telefone celular – 128 x 128). Problemas de usabilidade só ocorrem quando a área de exibição é tão pequena que apenas algumas linhas podem ser mostradas por vez [Buchanan+01]. Além disso, não estamos falando de informação ou tarefas com a mesma complexidade. Os primeiros estudos estavam voltados para automação de escritórios, de modo que a única preocupação era mostrar uma lista de opções a serem selecionadas a cada passo para completar uma tarefa. As informações e tarefas na Internet móvel são bem mais complexas ([Chae+03b], [Chae+04]).

Uma tela de dimensões limitadas implica que apenas uma pequena quantidade de informação pode ser exibida a cada vez. Mesmo reduzindo o tamanho da fonte, esbarraremos em um limite de legibilidade. Tudo que excede às dimensões da tela leva à rolagem vertical ou horizontal [Chae+04]. Os problemas de usabilidade impostos por esta restrição, hipóteses e possíveis soluções serão discutidos a seguir conforme proposto em ([Chae+03b], [Chae+04]).

Conforme antecipado, um complicador para os problemas de usabilidade que usuários de dispositivo móveis enfrentam é a natureza das tarefas que precisam realizar. Frequentemente, existe a necessidade de recuperar informações complexas que, se não forem recuperadas imediatamente, o usuário não usufruirá o benefício de ter o serviço móvel disponível (e.g. o usuário procura o hospital mais próximo e não encontra em tempo hábil). Estes usuários estarão sob uma pressão maior de tempo e sujeitos a cometer mais erros na realização de uma tarefa do que o usuário de Internet tradicional.

Uma forma de lidar com este cenário seria elaborar uma estrutura de informação eficiente. Uma possível solução seria desenvolver uma estrutura de menus que leve em conta o tamanho reduzido da tela e a natureza complexa das tarefas que o usuário precisa realizar quando em trânsito. Em geral, a informação é apresentada em uma hierarquia rígida, permitindo um único caminho para determinada página ou informação procurada. Não é possível ‘pular’ de uma página para outra, o acesso é feito de modo que se é obrigado a seguir um caminho e/ ou acessar *links* sequencialmente. São oferecidas poucas teclas de navegação (*ok*, cancelar, próximo, anterior). Este conjunto de estratégias e recursos limitados de navegação é conhecido por levar os usuários a resultados inesperados e / ou indesejados.

Consideremos então alguns fundamentos necessários para a abordagem proposta (definir uma estrutura de informação eficiente considerando o tamanho da tela e a complexidade da tarefa), começando por **estruturas hierárquicas de menus**. De uma maneira simplificada, podemos dizer que a organização de um *website* é hierárquica, como menus. Duas características chaves a serem consideradas no *design* de um menu são sua profundidade (*depth*) e largura (*breadth*). Profundidade diz respeito ao número de níveis na hierarquia de menus e largura ao número de opções por menu. Estudos demonstram que quanto mais profunda a hierarquia, maior a possibilidade de problemas de navegação. Além disso, o tempo de resposta cresce, já que cada mudança de nível corresponde a mudar página. Por outro lado, organizar a informação em níveis é justificável e necessário sempre que a quantidade de informação excede o espaço disponível para exibi-la. Além disso, uma hierarquia de níveis evita um mal advindo do excesso de largura: a poluição visual ou a oferta demasiada de opções, o que aumenta o tempo que o usuário leva para selecionar uma opção. A largura, por outro lado, tem como vantagens diminuir os erros de navegação e o número de mudança de páginas.

Outro conceito importante no que diz respeito à organização da informação é a **profundidade horizontal**. A profundidade horizontal diz respeito à divisão de um conteúdo, que poderia ser exibido em uma única página (com rolagem vertical) em várias páginas pertencentes ao mesmo nível da hierarquia. Assim, o conteúdo dividido desta forma tem profundidade porque leva a executar mais passos para chegar à informação (pular de uma página para outra) e é horizontal porque está no mesmo nível da hierarquia. Tomando como exemplo uma lista de nomes, cada

página poderia conter nomes com uma determinada letra. Esta é uma situação particular de dispositivos com área de exibição limitada. O que caberia na largura de uma página de um *website* tradicional é dividido em páginas e percebido como profundidade em Internet móvel.

Por fim, consideremos a **complexidade da tarefa**. A complexidade de uma tarefa pode ser definida pelo número de decisões que precisam ser tomadas e a relação entre estas decisões. Outros definem tarefa complexa como caracterizada por múltiplos caminhos de execução, múltiplos resultados, interdependência conflitante entre caminhos e ligações incertas. A complexidade percebida na realização de uma tarefa em computador cresce à medida que cresce a profundidade do menu.

Considerando os conceitos descritos como variáveis da abordagem proposta, foram formuladas várias hipóteses sobre a influência do tamanho da tela e da profundidade horizontal na navegação e percepção dos usuários e realizado um estudo empírico [Chae+04]. Como resultados, o estudo concluiu que, de maneira geral, telas pequenas aumentam a navegação dentro da página e a profundidade horizontal aumenta a profundidade percebida. Para tarefas simples, a profundidade horizontal e o tamanho da tela tiveram pouco impacto. Para tarefas complexas, o tamanho pequeno da tela aumenta a navegação entre páginas e também a navegação dentro de uma página, além de aumentar a profundidade percebida pelo usuário. Para tarefas complexas, a profundidade horizontal aumenta a navegação entre páginas e dentro da página.

Estes resultados sugerem que se deve buscar um bom compromisso para o uso de paginação como estratégia de organização da informação, já que não é possível evitá-la e às vezes é desejável usá-la. O estudo sugere também *guidelines* diferentes para tarefas simples e tarefas complexas. Se a tarefa for simples (cenário compatível com o encontrado nos estudos sobre automação de escritório citado previamente) o tamanho da tela e a profundidade horizontal não degradam sensivelmente a performance do usuário. Para tarefas complexas, tanto a profundidade horizontal quanto o tamanho da tela têm impacto na navegação e esta informação pode ser usada para se encontrar o melhor compromisso entre número de níveis na hierarquia de informação a navegação, para cada tamanho de tela.

Conforme relatado em *Buchanan et al.* [Buchanan+01], ao discutir as críticas sofridas por aplicações WAP, um estudo empírico mostrou que os usuários consideraram os serviços WAP testados fáceis de aprender e usar, mas não havia confiança de que as tarefas reais poderiam ser completadas, dada a navegação tediosa e complexa. Isto se explica pelo fato de que, nos primeiros sites WAP, executar uma tarefa requeria percorrer uma hierarquia de menus com muitos níveis. Quanto mais passos necessários para executar uma tarefa, menos motivado fica o usuário para completá-la.

Estas constatações reforçam as descobertas deste estudo [Chae+04], sugerindo que uma estrutura de navegação projetada de forma a proporcionar uma melhor performance do usuário, pode encorajá-lo a realizar uma gama mais variada de tarefas, incluindo tarefas mais complexas, como compras on-line, usando dispositivos móveis.

4.4.2 Entrada de Dados

No estudo da usabilidade em sistemas móveis no **Capítulo 3** (seção 3.2) vimos que várias *guidelines* apontam para a necessidade de minimizar a interação, a fim de minimizar a entrada de dados. Desde os primeiros dispositivos, sem teclado, com interação por meio de caneta, a entrada de dados sempre representou um aspecto dos mais importantes a se considerar no *design* da interação para sistemas móveis .

Embora tenhamos evoluído dos primeiros sistemas de reconhecimento de escrita (que nunca se tornaram robustos e confiáveis o suficiente) ([Gessler+94], [Gessler+95]) para o sistema de escrita *Graffiti* (escrita com caneta *stylus* em uma tela sensível ao toque e usando um alfabeto simplificado), muito mais eficiente, os meios de entrada de dados ainda são precários, requerem muito esforço por parte do usuário[Buchanan+01].

Atualmente são usados pequenos teclados e mini *joypads* (telefones celulares, *smartphones*, PDAs), caneta *stylus* e botões do dispositivo que podem ser mapeados como atalhos para determinadas aplicações (PDAs). Alguns PDAs suportam tanto teclado quanto caneta *stylus* para entrada de dados. *Nielsen* [Nielsen03] avalia ainda que, teclados *qwerty*, aumentam

consideravelmente a usabilidade em relação a teclados numéricos, em tarefas como escrever e-mails, navegar na Internet, procurar um endereço para fazer uma chamada. Contudo, ainda há carência de diálogos mais naturais, como comandos de voz, como principal meio de entrada.

No entanto, recursos que tornariam possível este diálogo mais natural, como a tecnologia de reconhecimento de voz, ainda não alcançaram maturidade para substituir ou complementar de forma eficiente os mecanismos em uso na atualidade [Greene+03].

4.4.3 O Contexto de Uso

O uso de dispositivos móveis se dá freqüentemente em ambientes abertos, o que significa que a atenção do usuário sofrerá interferência ou demandas de outros elementos do ambiente, que seus objetivos são diferentes daqueles que caracterizam o uso de aplicações tradicionais e que a interação poderá ocorrer quando o usuário está em movimento. Em ambiente móvel, usuários têm tempo e recursos cognitivos limitados ([Greene+03], [Chan,S+02]).

A capacidade de adaptação, de ser sensível ao contexto, não é só uma característica a mais no caso de uma aplicação para dispositivos móveis. O tamanho reduzido da tela faz desta capacidade um requisito obrigatório para uma interação aceitável [Roden+98]. Entretanto, o cenário atual, como dissemos no capítulo anterior, é, ainda, em grande parte, de aplicações para dispositivos móveis desenvolvidas com base em *guidelines* tradicionais, sem levar em conta as mudanças que a mobilidade introduziu no processo [Ramsay+00]. O resultado é uma fraca usabilidade e uma conseqüente experiência negativa por parte do usuário.

Nesta mesma linha, *Olsen & Erstad* [Olsen+99], ao analisar problemas de usabilidade que os usuários enfrentam no uso de serviços em Internet móvel, propõem que a origem dos problemas de usabilidade que os usuários enfrentam relaciona-se com o fato de que os desenvolvedores continuam desenvolvendo aplicações com base em um modelo mental de usuário de dispositivo fixo (PC). Notou-se, por exemplo, que não há diferença no processo de desenvolvimento de um navegador para dispositivos fixos e para dispositivos móveis. Entretanto, o usuário de dispositivo móvel certamente terá limitações que o impedirão de usá-lo da mesma forma que se

usaria em ambiente fixo: ele pode não ser capaz de usar as duas mãos e não ter condições estáveis de luz, energia e posição.

Embora o desenvolvedor conheça as limitações da tecnologia, somente levar em conta estas limitações não basta para desenvolver serviços usáveis. É preciso considerar o contexto. No paradigma móvel, um sistema que não leva em conta o contexto não é capaz de fornecer um serviço usável.

Neste estudo [Olsen+99], observou-se que os usuários reclamam que as aplicações para dispositivos móveis exigem atenção demais para serem executadas. Partindo desta visão e baseados em estudos etnográficos (investigação contextual), os autores afirmam que aplicações para dispositivos móveis devem ser desenvolvidas de tal modo que a interação exija pouca atenção por parte do usuário. Esta conclusão foi baseada em dois estudos de campo em que foi possível constatar que há limitações físicas e limitações mentais ao uso de dispositivos móveis.

As limitações **físicas** dizem respeito a situações em que as características do ambiente ou da atividade que o usuário está realizando, impedem, por exemplo, que ele tenha condições ideais de iluminação ou esteja impossibilitado de executar um comando no dispositivo móvel porque não está com as duas mãos disponíveis. As **mentais** se referem a situações em que o usuário não consegue usar o dispositivo/ serviço móvel porque está envolvido em tarefas que demandam atenção⁴³, embora, em teoria, o dispositivo devesse apoiá-lo na realização da tarefa. Identificou-se, em determinadas situações, que o contexto de uso pode tornar os dispositivos inúteis: foi impossível fazer deles o uso pretendido.

Além de propor que telas maiores e menus melhor estruturados fazem parte da solução para se alcançar uma melhor experiência no uso de aplicações para dispositivos móveis, os autores sugerem que uma melhor usabilidade seria alcançada com o uso de dispositivos mais simples e especializados para determinadas tarefas. Segundo avaliam, o uso de dispositivos que integram

⁴³ Por exemplo, olhar um endereço em uma folha de papel enquanto dirige é mais simples do que visualizá-lo na tela de um PDA, onde o contraste e a eventual necessidade de rolagem da tela dificulta a tarefa.

várias funcionalidades, em geral o fazem por meio de uma interface mais complexa, que exige mais atenção por parte do usuário.

Nyberg et al. [Nyberg+01], entretanto, relatam um experimento que se contrapõe a este ponto de vista. Seu estudo compara, do ponto de vista da usabilidade, o uso de um *smartphone*, de um PDA com função de telefone e do uso combinado de um telefone celular e um PDA, para lidar com chamadas telefônicas e lidar com tarefas relacionadas ao acesso à informação. Esperava-se, do experimento, que o *smartphone* apresentasse os piores resultados, já que interfaces mais genéricas tendem a ser mais complexas, conforme propõem *Olsen & Erstad* [Olsen+99], por precisarem entregar mais funcionalidades. Entretanto, não houve diferença significativa na realização das tarefas nos três cenários propostos e os usuários apresentaram a melhor performance com o *smartphone*. Uma possível interpretação deste resultado surpreendente é a de que, as pessoas não conseguem de fato realizar as tarefas que sentem necessidade quando em trânsito com um PDA ou um celular, mas um dispositivo que funde ambas funcionalidades, embora mais complexo, pode dar melhor suporte a atividades de usuários móveis.

Estes resultados sugerem que a convergência, que em geral resulta em interfaces mais complexas, não está necessariamente relacionada a uma interface menos eficiente ou menos usável e que esta inferência direta pode ser um tanto simplista. Cabem estudos mais detalhados para avaliar as relações entre convergência de funcionalidades, interfaces ditas mais complexas e fatores responsáveis por maior demanda de atenção do usuário no uso de uma aplicação.

Uma outra abordagem para a questão da influência do contexto, também para Internet móvel é apresentada por *Kim et al.* [Kim+02]. Neste estudo empírico, o contexto é definido como qualquer informação pessoal ou ambiental que possa afetar o uso da Internet móvel. Este ponto de partida leva à proposição de uma estrutura para definir o contexto. Nesta estrutura, o contexto se divide em duas categorias, o contexto pessoal e contexto ambiental. O contexto **pessoal** pode ser interno ou externo. O interno diz respeito ao estado emocional ou ao objetivo do usuário. O externo diz respeito à disponibilidade das mãos ou movimento das pernas. O contexto **ambiental**, por sua vez, diz respeito aos contextos físico e social que afetam o usuário. O contexto físico

relaciona-se à influência de distração visual ou auditiva. O contexto social diz respeito à quantidade de pessoas no ambiente e o grau em que o usuário interage com elas.

Para fins do estudo em questão, os problemas de usabilidade foram baseados na arquitetura da informação (modelo usado para Internet fixa). Deste modo, os problemas são classificados como estando relacionados à representação (informação visual), à estrutura (organização dos itens de informação), à navegação ou ao conteúdo.

Os resultados do estudo revelaram que a Internet móvel tem seu uso concentrado em dois contextos-chave. Estes contextos são caracterizados pelo uso da Internet móvel quando:

- 1) o usuário se sente emocionalmente contente,
- 2) está usando o dispositivo com apenas uma mão disponível,
- 3) está parado (sem movimento das pernas),
- 4) há poucas pessoas em torno,
- 5) a interação com as pessoas em torno é pequena.

O que diferencia os contextos mais usados é o fato de que em um caso o objetivo era de entretenimento (mais usado) e no outro o objetivo era utilitário (segundo mais usado). Além disso, o estudo mostra que, dos contextos propostos, cerca de 40% nunca foram usados.

Quanto aos problemas de usabilidade identificados, os mais frequentes relacionam-se ao conteúdo, seguido por problemas com a navegação, a representação e a estrutura, nesta ordem. Este resultado indica que, atualmente, os problemas mais sérios de usabilidade, estão relacionados à falta de conteúdo adequado para Internet móvel, seguido por problemas de navegação, que, em geral, estão relacionados à dificuldade de entrada (recursos ainda limitados) e saída (tela pequena).

Quanto à influência do contexto, foi constatado que os problemas de usabilidade são fortemente afetados pelos fatores disponibilidade das mãos, movimento das pernas e quantidade de pessoas no ambiente. Os problemas relacionados com a estrutura da informação, ocorreram com mais

freqüência quando o usuário tinha apenas uma mão disponível, o que pode ser explicado pela dificuldade de navegar por menus e mudar de páginas apertando botões pequenos com apenas uma mão. Problemas de representação aconteceram mais, quando o usuário estava andando, provavelmente porque é mais difícil ver o que está representado em uma tela pequena quando se está em movimento. Problemas de conteúdo ocorreram mais quando o usuário estava parado e sozinho ao invés de em um ambiente com muitas pessoas. É provável que isto ocorra pelo fato da maioria dos serviços de Internet móvel estarem voltados para a mobilidade, apresentando poucos serviços que interessem ao usuário quando ele está parado e, que, além disso, talvez não haja muitos conteúdos interessantes para se usar quando se está sozinho. Diferentes contextos afetaram diferentes aspectos da usabilidade (conforme se discute também em *Chae et al.* [Chae+00] e *Kim* [Kim01]).

O estudo possui várias limitações, como o fato de não poder ser aplicado diretamente a outros países e culturas (foi realizado na Coreia) e o período do teste ter sido somente duas semanas. Apesar disso, o estudo sugere que o uso da Internet é concentrado em poucos contextos e que diferentes aspectos do contexto levam a problemas de usabilidade distintos.

4.4.4 Considerações Finais

Como exposto ao longo do capítulo, problemas relacionados ao poder de processamento e à rede vêm sendo superados, ao passo que os relacionados ao tamanho da tela, navegação, entrada de dados e ao contexto, evoluem mais lentamente. Os primeiros dependem apenas de avanços na tecnologia de hardware e comunicação, ao passo que os demais dependem, além disso, da engenharia de usabilidade.

A tecnologia móvel combina duas características: portabilidade e conectividade [Vetere+03]. Para ilustrar, podemos dizer que celulares privilegiam a conectividade e PDAs a portabilidade de recursos computacionais poderosos. Identificar portabilidade e conectividade como dimensões da tecnologia móvel é importante para isolar os desafios de IHC relacionados com a mobilidade.

Os problemas identificados no trabalho de *Buchanan et al.* [Buchanan+01] e discutidos nesta seção, tamanho da tela, navegação e estrutura e métodos de entrada, estão na verdade, todos

relacionados com o tamanho limitado da tela, restrição imposta pela portabilidade. Da conectividade, por outro lado, derivam os problemas relacionados com contexto e usos dinâmicos, uma vez, que por meio dos dispositivos móveis, o usuário tem acesso aos recursos desejados sob demanda, estando livre para se deslocar. Mobilidade é característica do que as pessoas fazem. Dispositivos móveis são a tecnologia para suportar a mobilidade [Vetere+03].

Conseqüentemente, a busca de soluções para problemas de usabilidade em sistemas móveis deve sempre considerar as características do usuário e do uso, bem como das restrições derivadas da portabilidade e da conectividade.

Capítulo 5 – Avaliação de Usabilidade

O objetivo deste capítulo é apresentar alguns fundamentos e métodos que vêm sendo utilizados para avaliação de sistemas móveis. De forma consistente com os capítulos anteriores, consideraremos avaliações realizadas principalmente com aplicações para Internet móvel.

5.1 Visão Geral

No **Capítulo 3** (seção 3.1.2 Engenharia de Usabilidade), vimos que testes de usabilidade são de suma importância para garantir um produto útil e usável e devem permear todo o processo de desenvolvimento. A literatura registra uma profusão de métodos de avaliação e as mais diversas classificações destes métodos e técnicas. Apresentaremos a seguir uma perspectiva da avaliação de usabilidade, tratando de seus principais fundamentos e outras questões relevantes.

Conforme descrito em *Rocha & Baranauskas* [Rocha+03], os objetivos de uma avaliação de usabilidade são: avaliar a funcionalidade do sistema, o efeito da interface junto ao usuário e identificar problemas do sistema. O padrão ISO 13407 – Processos de *Design* Centrados no Ser Humano para Sistemas Interativos⁴⁴ [Iso13407] - , acrescenta a esta definição a dimensão temporal (o uso ao longo do tempo) ao definir o propósito da avaliação de usabilidade como:

- 1) fornecer feedback para melhorar o *design*;
- 2) verificar que os objetivos organizacionais e do usuário foram atingidos;
- 3) monitorar o uso do produto em longo prazo.

Conforme sugerem estudos empíricos ([Zhang+99], [Zhang+00a], [Zhang+00b], [Zhang+01]) a questão temporal é bastante relevante, pois, em ambiente dinâmicos, há características que o usuário avalia como mais (ou menos) importantes para sua satisfação com o produto de software e que a percepção de quais características e em que grau elas o satisfazem evolui com o tempo. Este aspecto foi pouco explorado na literatura, mas não há dúvidas de que as expectativas

⁴⁴ no original: *Human-centred design processes for interactive systems*.

dos usuários evoluem com o tempo e que avaliadores de usabilidade devem estar atentos a em que medida esta evolução afeta a percepção de usabilidade do produto.

Segundo verificamos em discussão anterior, a usabilidade não pode ser avaliada pelo estudo de um produto isoladamente. Partindo deste princípio, *Avouris* [Avouris01] propõe três formas em potencial, para se medir usabilidade:

- 1) pela análise das características de um produto para um dado contexto de uso;
- 2) pela análise do processo de interação, que é difícil de avaliar, já que é um processo que ocorre no cérebro de uma pessoa e só pode ser medido indiretamente;
- 3) pela análise da efetividade e eficiência, do uso do produto em um contexto particular e medindo a satisfação do usuário do produto.

Já no trabalho de *Bevan* [Bevan95], em que se parte do ponto de vista de que os atributos que contribuem para qualidade do uso são o estilo e características da UI, a estrutura do diálogo e a natureza da funcionalidade, são apresentados os seguintes instrumentos para avaliar estes atributos:

- 1) guias de estilo;
- 2) padrões relacionados a atributos específicos da interface (e.g., ISO 9241-14 - Diálogos de Menu);
- 3) características individuais como presença de *help*;
- 4) padrões relacionados a princípios gerais de usabilidade (e.g., ISO 9241-10 - Princípios do Diálogo);
- 5) listas de verificação e *guidelines* de usabilidade.

As duas abordagens discutidas acima, cobrem a maioria das estratégias propostas por **métodos de avaliação de usabilidade**: análise das características do produto, da performance do usuário em um dado contexto de uso ou análise do processo de interação.

De maneira mais genérica, podemos definir método de avaliação de usabilidade como um procedimento sistemático para registrar dados relacionados à interação do usuário com um sistema ou produto, que serão usados para determinar sua usabilidade. Vários métodos podem ser

usados em uma sessão de avaliação e a escolha depende de considerações sobre o custo e o ciclo de vida do software [Fitzpatrick99]. Como forma de realizar a avaliação, eles objetivam obter feedback para melhorar a usabilidade, verificar se um determinado critério de usabilidade foi satisfeito e / ou monitorar o uso do produto. Frequentemente são divididos nas seguintes categorias principais ([Avouris01], [Conyer95], [Lindroth+01a], [Lindroth+01b], [Rocha+03]):

- 1) **Métodos de inspeção**: avaliações baseadas na análise de especialistas que examinam a interface com o usuário. São métodos aplicados quase sempre sem envolvimento do usuário e realizáveis em qualquer etapa do desenvolvimento. Exemplos representativos:
 - a. **avaliação heurística** – envolve um grupo de especialistas que julgam se a interface e o diálogo obedecem a princípios de usabilidade (heurísticas) estabelecidos;
 - b. **percurso cognitivo**⁴⁵ - baseia-se na simulação da execução de uma tarefa. Simula-se a execução de cada passo a fim de explorar se os objetivos do usuário e a carga cognitiva simulados podem levar à próxima ação correta;
 - c. **percurso pluralístico** – método em que um grupo de pessoas, incluindo usuários, desenvolvedores e especialistas em usabilidade percorrem um cenário de aprendizagem, discutindo cada elemento do diálogo. Em outras palavras, trata-se de uma simulação por uma equipe multidisciplinar, com objetivo de verificar como usuários reagem a determinadas situações;
 - d. **inspeção de usabilidade formal** - método destinado a identificar erros no código subjacente ao *design* e problemas na documentação;
 - e. **inspeção de funcionalidades** – objetiva determinar se as funcionalidades do software correspondem às necessidades e expectativas do usuário;
 - f. **inspeção de consistência** – verifica a consistência entre produtos resultantes do mesmo esforço de desenvolvimento;
 - g. **inspeção de padrões** (*standards inspection*) - método no qual especialistas verificam a conformidade da interface com determinado padrão;

⁴⁵ Método conhecido também como caminharmento cognitivo e simulação cognitiva.

- h. **listas de verificação de *guidelines*** (*guidelines checklist*) - método que objetiva assegurar que determinados princípios de usabilidade pré-estabelecidos são considerados no *design*.

2) **Métodos de teste:** objetivam medir a performance do sistema em relação a critérios pré-estabelecidos, ou seja, avaliar em que medida os objetivos organizacionais e do usuário foram atingidos, bem como recomendar melhorias, caso necessário. Em geral, os critérios têm como base atributos de usabilidade. É necessário o envolvimento do usuário e requer a implementação do sistema em algum formato. Este formato pode ser desde uma representação em que se possa simular a interação até uma implementação completa.

Métodos principais:

- a. **protocolo pensar em voz alta** (*thinking aloud protocol*) – o usuário é convidado a verbalizar seus pensamentos durante a interação com o software, enquanto faz uma tarefa;
- b. **descobrimento conjunto** (*co-discovery method*) – um grupo é observado enquanto tenta realizar uma tarefa em conjunto, simulando um ambiente de trabalho, onde normalmente se pode recorrer à ajuda de um colega;
- c. **medição de performance** (*performance measurement*) - método baseado em medidas relacionadas com a realização de tarefas pelo usuário, como tempo para realização de determinada tarefa, taxas de erro, taxa de sucesso, etc.;
- d. **métodos empíricos** – teste de uma hipótese por meio da medição do comportamento do usuário. Os dados são coletados em um teste experimental sob condições controladas.

3) **Métodos de investigação** (*inquiry methods*): métodos em que se perguntam questões sobre o sistema diretamente ao usuário e / ou se observa o usuário em seu contexto de uso. Envolvem especialistas e usuários. Exemplos:

- a. **investigação contextual** - método estruturado para coleta de dados em campo, por meio de entrevistas, cujo foco são o contexto e o ambiente em que o usuário realiza a tarefa ([Charm01], [UsabilityFirst]). Considerado um tipo de estudo etnográfico (a seguir);

- b. **estudos etnográficos ou de campo** – métodos adaptados da sociologia e antropologia para observar interações humanas em atividades e ambiente social ou em seu contexto cultural. Consistem em estudos em profundidade, que buscam ganhar compreensão da natureza da tarefa, das necessidades do usuário, em seu contexto, por meio de observação, entrevistas e análise de artefatos ([Charm01], [UsabilityFirst]);
- c. **focus groups** – consiste na reunião de um grupo de usuários potenciais do produto dos quais se coleta opiniões sobre o mesmo. Não é um método apropriado para avaliação, mas para coletar requisitos funcionais e de usabilidade de um produto ([UsabilityNet], [UsabilityFirst]);
- d. **entrevistas** – coleta de informação sobre o usuário, suas opiniões, reações e sentimentos sobre o sistema, realizada por meio de perguntas feitas diretamente para o usuário;
- e. **journalled sessions** – teste de usuário em que os dados relacionados ao uso do produto (entradas digitadas, cliques) são registrados automaticamente em *logs*. Objetiva detectar padrões de comportamento, dificuldades e curva de aprendizado do usuário ([Charm01], [UsabilityFirst]);
- f. **diário de incidentes / self-report logs** - método em que o próprio usuário anota em um diário (ou caderno, formulário na *Web*) problemas experimentados no uso de um sistema ou como o sistema foi usado, durante um dado período de tempo;
- g. **avaliação automática** - medição de usabilidade automática por meio um sistema capaz de fazer inspeção de padrões, simular seqüências de interação humana ou fazer a captura automática de dados resultantes da interação humana [Charm01];
- h. **SUMI (Software Usability Measurement Inventory)** - é um questionário de padrão internacional de 50 itens, disponível em diversos idiomas. Os resultados que oferece são baseados em um banco de dados de padronização, construído a partir de dados das análises de diversos tipos de produtos de software.

Os métodos descritos acima surgiram no contexto de usabilidade tradicional e muitos vêm sendo aplicados ou adaptados para avaliação em outros domínios como aplicações para a *Web* ou para dispositivos móveis.

No caso de aplicações para a *Web*, *Krug* [Krug01] sugere testes tradicionais com usuários usando técnicas como pensar em voz alta. *Krug* propõe adaptações aos testes, com o objetivo de obter bons resultados a baixo custo. Além das orientações mais direcionadas à redução de custo, recomenda também algumas práticas que podem melhorar a qualidade dos dados coletados, tais como: a avaliação de *websites* similares, já que isto equivaleria a ter um protótipo disponível, antes mesmo de ter o *website* criado; a participação do usuário na escolha da tarefa a ser testada, ao invés da realização de tarefas impostas. Neste caso, o raciocínio é que há um investimento emocional por parte do usuário e ele pode empregar seu conhecimento pessoal para realizar a tarefa. Considera, ainda, que nunca é cedo para começar a mostrar idéias de *design* aos usuários (desde sites parecidos, protótipos em papel, em HTML, versões beta...) e, naturalmente, os testes devem ser realizados nas demais etapas do ciclo de desenvolvimento do *website*, sempre que possível.

Para *Olsson* [Olsson00], atualmente, as abordagens mais comuns para testes de usabilidade na *Web* são os testes de performance e pesquisas de opinião (*attitude surveys*). No primeiro caso, os usuários usam o sistema para realizar uma tarefa e sua efetividade é medida. Medidas comuns são velocidade, acurácia e/ ou erros. No segundo caso, a satisfação e a percepção do usuário do software é coletada. Meios comuns são questionários e entrevistas.

A avaliação de sistemas móveis será discutida em detalhes na seção 5.2, Avaliação de Usabilidade em Sistemas Móveis.

Vale considerar que o uso de uma técnica isolada pode não revelar todos os problemas de usabilidade, já que muitas técnicas têm focos específicos. Conforme já mencionamos, vários métodos podem ser usados em uma sessão de avaliação e a escolha depende de considerações sobre o custo e o ciclo de vida do software. Algumas técnicas podem ser aplicadas desde os estágios primordiais do desenvolvimento do produto, outras só podem ser aplicadas após um dado release. Dentre estas, há tanto técnicas simples e de custo acessível, quanto técnicas que requerem uma infra-estrutura complexa e cara.

Estudos sugerem que os melhores resultados são obtidos quando se combinam testes com usuário e inspeções [Rocha+03]. Conforme veremos adiante (5.2, Avaliação de Usabilidade em Sistemas Móveis), *Gabbard et al.* [Gabbard+03] também sugerem uma combinação de métodos para alcançar melhores resultados na avaliação. Devemos considerar, ainda, duas condições para que uma avaliação traga resultados úteis [Macleod94]: 1) os dados devem ser extraídos de circunstâncias que têm validade no ambiente alvo (contexto de uso, usuários e tarefas); 2) um método apropriado deve ser aplicado na análise dos dados.

Na próxima seção, estudaremos alguns métodos de avaliação com mais detalhes.

5.1.1 Métodos de Avaliação

Nesta seção apresentaremos estudos relacionados com métodos de avaliação. Apresentaremos um ou mais representantes de cada tipo discutido na seção anterior, buscando, sempre que possível, apresentar estudos que proponham melhorias ou contribuições para a evolução do método em discussão.

Avaliação Heurística. Como apresentado na seção anterior, avaliação heurística é um método de inspeção em que especialistas em usabilidade julgam a conformidade de elementos da interface com heurísticas específicas. É um dos métodos de inspeção mais importantes e conhecidos, proposto por *Nielsen* no início da década de 90. Sua importância reside principalmente no fato de propor um método simples de aprender, rápido e fácil de ser aplicado e de baixíssimo custo. Esta proposta se contrapõe à reputação dos métodos de avaliação de usabilidade, tidos como complexos, demorados e dispendiosos.

O próprio *Nielsen* e outros praticantes, alertam, entretanto, que a avaliação heurística, conhecida como abordagem de teste de usabilidade econômica ou “com desconto” (*discount usability*), pode também trazer resultados “com desconto”. Assim, o ideal é que este tipo de avaliação seja usado para suplementar os testes de usabilidade. Um exemplo seria usar avaliação heurística nos estágios iniciais de desenvolvimento e fazer teste de usabilidade formal quando o *design* estiver estável [Muller+98].

As heurísticas, em sua versão mais atual, foram apresentadas no trabalho de *Nielsen* [Nielsen94]. São derivadas de um trabalho de coleta realizado por *Nielsen*, com base em uma série de projetos dos quais participou. Este trabalho resultou na elaboração de uma lista de problemas de usabilidade (249 itens) e também de uma lista de heurísticas de usabilidade (101 itens). A partir destes dados, foi estabelecido um sistema de classificação das heurísticas, atribuindo-se uma nota (de 0 a 5) que seria tanto maior quanto mais cada heurística explicasse os problemas de usabilidade identificados. Esta classificação permitiu agrupá-las e desta análise resultaram os seguintes fatores⁴⁶:

- 1) visibilidade e status do sistema;
- 2) compatibilidade do sistema com o mundo real;
- 3) controle do usuário e liberdade;
- 4) consistência e padrões;
- 5) prevenção de erros;
- 6) reconhecimento ao invés de relembração;
- 7) flexibilidade e eficiência do uso;
- 8) integridade estética (estética e *design* minimalista) e
- 9) ajudar os usuários reconhecer, diagnosticar e corrigir erros.
- 10) Sua proposta anterior (1993) continha ainda a heurística *Help* e documentação, que completa a lista.

Não foi realizado um estudo empírico que confirmasse a cobertura oferecida pelo conjunto de fatores identificados. Assim, a validade destas heurísticas foi baseada na classificação usada para estabelecer que as mesmas cobrem a maioria dos problemas de usabilidade coletados.

Uma das críticas à avaliação heurística relaciona-se com o fato do método não levar em conta informação contextual ([Johnson98]). Neste sentido, encontramos na literatura tentativas de aperfeiçoar a avaliação heurística, como por exemplo em *Muller et al.* [Muller+98].

Partindo da avaliação heurística de *Nielsen, Muller et al.* [Muller+98] propõem um método denominado **avaliação heurística participativa**, em que revisam o trabalho de *Nielsen* e

⁴⁶ Recomendamos as referências [Nielsen94] e [Rocha+03] para detalhamento das heurísticas.

acrescentam algumas heurísticas relacionadas ao usuário e seu contexto de uso. Na abordagem original, quem inspeciona o software deve ser experto em engenharia de software, usabilidade ou fatores humanos. Na extensão proposta (avaliação heurística participativa), além destes profissionais, também um experto no domínio de aplicação (um usuário) deve tomar parte na avaliação. A avaliação heurística é mais orientada ao produto; nesta extensão, propõe-se acrescentar heurísticas mais orientadas ao processo, o que significa levar em conta o uso do produto no contexto de trabalho do usuário. As novas heurísticas propostas ajudam os avaliadores a verificar como o sistema contribui para que o usuário atinja seus objetivos por meio de

- suporte às habilidades humanas (ao invés de tentar substituí-las);
- fornecer uma experiência de trabalho agradável e respeitosa;
- ajudar o usuário a fornecer resultados de qualidade para si ou seus clientes;
- ajudar a proteger a privacidade de todas as pessoas envolvidas no trabalho.

As heurísticas são denominadas respectivamente, habilidades (*skills*), interação agradável e respeitosa com o usuário, trabalho de qualidade (*quality work*) e privacidade.

Adicionalmente, as heurísticas originais foram reescritas em uma linguagem mais acessível para acomodar o usuário como avaliador. Esta técnica é quase tão simples e barata quanto a avaliação heurística quando o cliente está próximo e não há dificuldades em trazê-lo para participar das avaliações.

Medição de Performance [UsabilityNet]. Trata-se de uma avaliação de usabilidade rigorosa, em que um sistema é testado em condições tão realistas quanto possível, a fim de extrair medidas quantitativas sobre o desempenho do usuário no uso do sistema, tais como: tempo necessário para realizar uma tarefa, taxa de erros, taxa de sucesso, satisfação do usuário, etc.

Testes com este nível de formalidade costumam revelar problemas que não são identificados em avaliações menos formais. Em particular, o teste de performance permite avaliar a usabilidade em termos de medidas como eficiência, eficácia e satisfação do usuário no uso do produto em um dado contexto, conforme propõem definições mais abrangentes de usabilidade, como a norma ISO 9241-11.

São testes em laboratório, conduzido por avaliadores especializados e com as sessões de avaliação geralmente registradas em vídeo. Os dados coletados (vídeo, anotações) são analisados para identificação dos problemas de usabilidade.

Uma questão intrigante a respeito de testes de performance é que muitas vezes o resultado do teste revela uma performance precária do usuário e, ainda assim, sua satisfação com o produto é, relativamente, alta. Estudos sugerem que os usuários tendem a classificar a facilidade de uso do produto acima da média possivelmente devido a sua presença em laboratório e o desejo de agradar o experimentador. Este fato dificulta a avaliação dos resultados e também sugere que performance e satisfação não estão necessariamente relacionadas. Uma possível solução para este problema de avaliação seria extrair do teste de performance, medidas implícitas relacionadas com o sucesso da interface com o usuário em prover suporte a uma determinada tarefa (vide *Czerwinski et al.* [Czerwinski+01] para um estudo neste sentido).

Estudos etnográficos ou de campo [Wixon+02]. São métodos que têm por princípio a observação do usuário em seu contexto real de uso. Geralmente consomem muito tempo, esforço e produzem uma quantidade incrível de dados para serem analisados. Trabalhos de campo diferem de testes de usabilidade e avaliações heurísticas em dois aspectos principais: primeiro, os dados podem ser coletados sem que seja necessária a existência de um protótipo, e, conseqüentemente, podem influenciar o *design* nos estágios primordiais. Segundo, os trabalhos de campo oferecem maneiras de coletar e analisar dados sobre como o trabalho do usuário é realizado de fato, de maneira que tanto as funcionalidades quanto a aparência do produto podem ser baseados no conhecimento das necessidades reais do usuário.

Métodos de campo como investigação contextual e entrevista etnográfica têm sido aplicados por empresas de grande porte que podem investir em projetos de longo prazo. Permitem teorizar sobre os usuários, seu contexto, planejar e conduzir visitas e analisar os dados coletados. Entretanto, devido ao esforço envolvido, estes métodos não são usados com freqüência para avaliar a usabilidade.

Os métodos de avaliação de usabilidade, como avaliação heurística, apresentam várias limitações: não avaliam diferentes usuários-alvo, já que são aplicados em grupos pequenos e, em geral, homogêneos; não observam o usuário em seu contexto de uso e têm foco limitado (heurísticas). Contudo, são métodos identificados com agilidade e baixo investimento e por isso têm melhor aceitação comercial (*discount usability*).

Embora estudos etnográficos sejam identificados com práticas dispendiosas, há propostas para simplificar sua aplicação em avaliações de usabilidade. Na verdade, estes métodos já têm sido adaptados e usados para projetos de curto prazo. A idéia é adotar a mesma abordagem dos métodos de usabilidade “econômica”, elaborando versões “econômicas” ou “com desconto” também dos estudos de campo.

Segundo estas adaptações, o avaliador torna-se capaz de coletar dados abrangentes sobre comportamento e percepção do usuário em sessões curtas (aproximadamente 2h). De maneira geral, as adaptações buscam obter informação qualitativa o mais rica possível em tempo limitado. Por exemplo, sugere-se que, para a investigação contextual, seja preservada apenas a exploração do comportamento do usuário no contexto de trabalho e, para a entrevista etnográfica, a observação intensiva do ambiente e artefatos do usuário.

Em suma, este estudo [Wixon+02] aponta a necessidade de adaptar e simplificar métodos de campo para que sejam compatíveis com a escala de tempo dos projetos de desenvolvimento. Sugere ainda que métodos de campo são escalonáveis e que coletar dados com um nível menor de detalhamento é melhor que não coletar dado nenhum, desde vez que a coleta seja feita a partir de partes interessadas chave.

Estudos de campo são capazes de trazer a experiência do usuário e do cliente para as equipes de *design*. Eles diferem de outros métodos de avaliação de usabilidade e os complementam, uma vez que fornecem dados que podem gerar requisitos e *designs* iniciais.

Testes Automatizados. Particularmente em relação aos parâmetros de custo, prazo e recursos alocados para o desenvolvimento de aplicações para *Web*, testes de usabilidade tradicionais

costumam ser caros e demorados. Muitos tipos de avaliação requerem especialistas de usabilidade e, em geral, problemas orçamentários inviabilizam sua contratação. Além disso, mesmo que se disponha de recursos, pode não ser possível conciliar o prazo de construção do produto com o tempo necessário para se fazer testes de usabilidade ou realizar *design* iterativo.

Tendo em vista estas considerações, *Sholtz et al.* [Scholtz+98] propõem que a avaliação de *websites* deve ser rápida, remota e tão automatizada quanto possível. Com este propósito, foi desenvolvido um conjunto de ferramentas⁴⁷ para dar suporte tanto à avaliação automática de sites, quanto ferramentas de suporte à análise da usabilidade. As ferramentas desenvolvidas foram a *WebSat* (*Web Static Analyzer Tool*) que “conhece” usabilidade e dá suporte aos que não são especialistas na área, e *WebCat* (*Web Category Analysis Tool*) e *WebVip* (*Web Variable Instrumenter Program*), que devem ser usadas por especialistas em usabilidade como ferramentas de suporte à análise. Em suma, estas ferramentas têm por foco aumentar a rapidez da avaliação de usabilidade, permitir a realização de testes de usabilidade remotamente e dar suporte automatizado à coleta e análise de dados relacionados a testes de usabilidade.

A ferramenta *WebSat* baseia-se na análise sintática do HTML, de forma similar às ferramentas usadas para verificar aspectos de acessibilidade em um site. A diferença é que as verificações são baseadas em *guidelines* como o número médio de palavras usadas para descrever um link ou aspectos da legibilidade da página, como o uso de texto com estilo *marquee*. A ferramenta *WebCat* é uma ferramenta de análise de categorias (suporte à organização da informação em categorias) e a *WebVip* um programa instrumentador visual (*Visual Instrumenter Program*) que permite preparar um site para avaliação remota ou local ao atribuir identificadores e *timestamps* automaticamente aos *links* do site, para que seja possível registrar os caminhos percorridos durante o teste de usabilidade.

Estas ferramentas foram usadas com sucesso em estudos de caso no NIST⁴⁸.

⁴⁷ Ferramentas disponíveis na página do – Visualization and Usability Group (National Institute of Standards and Technology) < <http://zing.ncsl.nist.gov/WebTools/> >

⁴⁸ National Institute of Standards and Technology - < <http://www.nist.gov/> >

5.1.2 Problemas Relacionados

Ao discutir testes de navegabilidade de *Web* sites, *Krug* [Krug01] relata que, em geral, os testes são feitos tarde demais (quando o site está prestes a ser lançado, quando o desenvolvimento já terminou...), que são limitados demais (foco em questões periféricas ou internas ao invés de focar necessidades e expectativas do usuário) e são realizados pelas razões incorretas (deseja-se avaliar o layout sem se questionar, por exemplo, se o propósito do site está claro para o usuário). Relata, ainda, que as principais desculpas alegadas para não se realizar um teste de usabilidade são falta de: tempo, dinheiro, profissionais especializados, infra-estrutura necessária (laboratório de usabilidade) e de conhecimento para interpretar os resultados.

Considerando este exemplo e o que se discutiu nas seções anteriores, nota-se que há várias questões a serem levadas em conta em se tratando de avaliação de usabilidade: etapas do ciclo de desenvolvimento do produto em que a avaliação deve ser realizada, as limitações de cada método (e.g. compromisso entre os benefícios do método e recursos necessários para sua aplicação), que métodos combinar para prover uma cobertura adequada em relação às metas de usabilidade estabelecidas, situações que influenciam a análise dos resultados, dentre as mais comuns.

Além de questões inerentes ao processo de avaliação, há ainda questões metodológicas, das quais destacaremos com mais detalhes, a seguir, questões relacionadas com o suporte automatizado à documentação e análise de problemas de usabilidade, classificação de problemas de usabilidade e critérios de escolha de métodos de avaliação.

Suporte automatizado à avaliação. *Andre et al.* [Andre+01] relatam que, devido ao reconhecimento cada vez maior da importância da usabilidade, o gasto das organizações com recursos (profissionais, treinamento, laboratórios) relacionados a esta atividade vem crescendo. Embora normalmente caros, os praticantes de usabilidade contam atualmente com métodos para guiá-los na coleta de dados em testes ou inspeções de usabilidade. Contudo, freqüentemente não se obtém o retorno esperado em relação ao investimento em usabilidade.

Ainda ocorre muita perda de informação no processo, geralmente motivada por relatórios de problemas de usabilidade de má qualidade e falta de um *framework*⁴⁹ para organizar atividades e relatar resultados. Mesmo usando formulários padronizados, para garantir a inclusão de informação contextual, as descrições de problemas são freqüentemente inconsistentes, incompletas e vagas. Isto faz com que os problemas tenham que ser “traduzidos” depois da avaliação, com base no que o avaliador lembra, para os *designers* responsáveis por solucionar os problemas. Pode ocorrer, entretanto, que o avaliador não esteja mais disponível e o *designer* se veja com a missão de interpretar os relatórios, o que resulta numa perda de informação ainda maior.

Além disso, existem poucas ferramentas para dar suporte à análise, classificação e relato de problemas de usabilidade e nenhuma delas demonstrou ser efetiva. Em geral, não existe uma base de conhecimento de problemas de usabilidade que permita rastrear seu histórico ao longo de projetos, de modo que se possa reusar a análise e lições aprendidas nos projetos seguintes. Assim, os mesmos problemas são analisados novamente, sem a possibilidade de lançar mão de informações que otimizariam os esforços em usabilidade.

Outro problema recente é a expansão das aplicações para novos estilos de interação não baseados apenas em GUI: ambientes virtuais, aplicações *Web*, interação baseadas em toques (telas sensíveis ao toque, interação baseada em caneta *stylus*), gestos, comando de voz. Vários métodos de *design* da interação são voltados apenas para interfaces gráficas.

Assim, a engenharia de usabilidade se beneficiaria de :

- 1) um *framework* confiável para guiar as atividades relacionadas ao *design* da interação e facilitar o relato de alta qualidade de problemas de usabilidade;
- 2) ferramentas integradas para dar suporte às atividades descritas em (1), incluindo classificação de problemas e manutenção de dados;
- 3) ferramentas que possam se adaptar a novos estilos de interação além de GUIs.

⁴⁹ Embora traduzido na literatura por estrutura ou arcabouço, nenhuma destas palavras expressa de maneira completa a acepção de “um conjunto de pressupostos, conceitos, valores e práticas que constituem uma forma de ver a realidade” [American] . Assim, usaremos preferencialmente *framework*, sem traduzí-la.

Considerando estas necessidades, os autores deste estudo propõem uma solução que denominam *User Action Framework (UAF)*, concebida sob os seguintes fundamentos:

- 1) o *framework* deve guiar as atividades de desenvolvimento da interação;
- 2) deve facilitar o relato de alta qualidade de problemas de usabilidade;
- 3) deve ter uma fundação que permita a integração de várias ferramentas de suporte à engenharia de usabilidade;
- 4) deve partir de um modelo geral o suficiente de como os humanos interagem com máquinas, para proporcionar fácil adaptação de estilos de interação novos (não baseados em GUI).

O modelo utilizado foi uma adaptação do modelo de ação da interação do usuário proposto por Norman [Norman86]. Além do modelo de interação, dois conceitos são importantes nesta solução: classificação e confiabilidade. O *User Action Framework* tem por base uma estrutura organizada de conceitos, questões, princípios e *guidelines* de usabilidade. Esta organização facilita a classificação, tornando possível identificar unicamente caminhos para conceitos de usabilidade na base de conhecimento. Isto é importante para engenharia de usabilidade porque ajuda a fazer boas descrições, o que é essencial para relatórios de qualidade. No que diz respeito à confiabilidade, devemos considerar que as ferramentas de suporte à engenharia de usabilidade precisam ser usadas de forma consistente e previsível de um profissional para outro. Se ferramentas de suporte não são confiáveis, avaliadores diferentes podem chegar a resultados diferentes na análise do mesmo problema.

Assim, o *User Action Framework* foi desenvolvido como uma base de conhecimento estruturada de conceitos e questões relacionadas à usabilidade, com a finalidade de fornecer um *framework* subjacente a ferramentas de suporte à engenharia de usabilidade. O objetivo é ajudar praticantes com um método padronizado para desenvolver descrições e distinguir entre diferentes tipos de problemas, além de ajudar a formar uma compreensão compartilhada de atributos específicos do problema.

O estudo conduzido para validar a consistência do uso do *Framework* foi a classificação de um conjunto de problemas de usabilidade por diferentes praticantes. Concluiu-se que o *User Action*

Framework, por ser uma base de conhecimento e por ser construído sob a teoria de modelo de interação adaptada de *Norman*, fornece uma base confiável para ferramentas de suporte à engenharia de usabilidade. Confirmou-se o pressuposto de que a classificação consistente de problemas de usabilidade é necessária para produzir relatos de qualidade e conduzir a soluções mais diretas e a um uso mais eficiente dos recursos no processo de documentação [Andre+01].

Análise de Uso e Taxonomia. Conforme discutido anteriormente, no processo de engenharia de usabilidade, o avaliador precisa escolher o método (ou métodos) de avaliação adequado(s) e definir em que etapa do ciclo de vida sua aplicação traz os melhores resultados. A classificação e a análise de métodos de avaliação são instrumentos que podem dar suporte a estas decisões. Segundo *Fitzpatrick* [Fitzpatrick99], a despeito da falta de um conjunto de termos universalmente aceitos no que diz respeito a métodos de avaliação e da conseqüente confusão de termos presentes na literatura, a relação correta entre termos na avaliação de usabilidade é: a) definimos estratégias para avaliação da usabilidade; b) estratégias empregam métodos de avaliação.

Tabela 5-1 - Classes de métodos de avaliação - Adaptado de *Fitzpatrick* [Fitzpatrick99].

<i>Alto</i>	Computador Real	Relatórios de Especialistas	Métodos Baseados em Observação
<i>Baixo</i>	Computador Figurativo ⁵⁰	Métodos Analíticos	Relatórios de Usuários
	<i>Baixo</i>	<i>Baixo</i>	<i>Alto</i>
	Usuário Figurativo ⁵¹		Usuário Real

A matriz na Tabela 5-1 acima mostra a classificação de métodos de avaliação baseada na proposta de *Whitefield et al.* [Whitefield+91]. Segundo esta classificação, que leva em conta os recursos disponíveis no momento da avaliação, os métodos são divididos em:

⁵⁰ no original: *representational computer* - Definido como descrições ou modelos de computadores.

⁵¹ no original: *representational user* – Definido como descrições ou modelos de usuários.

- a) Métodos analíticos - computador figurativo x usuário figurativo;
- b) Relatórios de especialistas - computador real x usuário figurativo;
- c) Métodos baseados em observação - computador real x usuário real;
- d) Relatórios de usuários - computador figurativo x usuário real.

A escala Alto/ Baixo indica que as melhores medidas são obtidas na relação equipamento real x usuário real.

Fitzpatrick [Fitzpatrick99] toma esta classificação como ponto de partida e identifica as seguintes limitações:

- não são somente os métodos baseados em observação que podem ser usados com usuários e computadores reais. Se ambos os recursos estão disponíveis, uma variedade de métodos pode ser usada;
- relatórios de usuários podem ser obtidos sempre que há usuários reais disponíveis, independentemente do computador ser figurativo ou não;
- um usuário figurativo ou real não é o mesmo que um especialista. Assim, um relatório de especialista pode resultar de qualquer uma das quatro classificações propostas.
- o uso de determinados métodos varia tanto que é difícil encaixá-lo em uma dada categoria.

Levando em conta estas limitações, o estudo de *Fitzpatrick* [Fitzpatrick99] propõe que, para superá-las, é necessário considerar em que estágio do ciclo de vida do produto as avaliações são realizadas, bem como se serão aplicados múltiplos métodos durante o ciclo de desenvolvimento. Assim, deve ser adotada uma estratégia que reflita estas escolhas. A estratégia depende dos recursos disponíveis. Se tanto o usuário quanto o equipamento estão disponíveis, por exemplo, a estratégia selecionada poderá envolver usuários reais fazendo tarefas reais. A Tabela 5.2 mostra os nomes atribuídos a cada estratégia, com base no raciocínio exposto.

Tabela 5-2 – Estratégias para avaliação - adaptado de *Fitzpatrick* [Fitzpatrick99]

	<i>Alto</i>		
Computador Real		Hard Review	Mundo Real⁵²
Computador Figurativo		Engenharia Virtual⁵³	Soft Modelling
	<i>Baixo</i>		<i>Alto</i>
		Usuário Figurativo	Usuário Real

Assim, temos as seguintes estratégias:

- a) *Hard Review* - computador real x usuário figurativo (neste caso, inclui-se o avaliador como usuário figurativo);
- b) Engenharia virtual - computador figurativo x usuário figurativo;
- c) *Soft Modelling* - computador figurativo x usuário real (um domínio sem hardware, em que a modelagem é parte crítica da estratégia – diametralmente oposta a *Hard Review*);
- d) Mundo Real - computador real x usuário real.

Tendo em vista as estratégias propostas, o passo seguinte seria determinar que métodos podem empregar as estratégias identificadas. Assim, foram selecionados vários métodos de avaliação, dentre os mais conhecidos na literatura⁵⁴. A partir destes dados, produziu-se uma lista que sumariza os tipos de métodos, atribuindo-lhes nomes genéricos. Da análise resultaram os seguintes métodos: observação, questionário, entrevista, métodos empíricos (teste de hipóteses), grupos de usuários (avaliação das características do grupo), percursos cognitivos, métodos heurísticos, métodos baseados em revisão (da literatura e de padrões existentes), métodos

⁵² no original: *real world*

⁵³ no original: *virtual engineering*

⁵⁴ Métodos compilados a partir dos trabalhos de Dix et al., Nielsen e Preece et al. Vide referência ([Fitzpatrick99]) para maiores detalhes.

baseados em modelos (como o GOMS⁵⁵). Esta proposta considera, ainda, que é desejável usar mais de um tipo de método para assegurar um resultado mais confiável, e oferece os seguintes critérios para avaliar que métodos são mais apropriados, dependendo do ponto do ciclo de vida em que o software está:

- a) **estratégia** – uma das apresentadas. Considerando que o ciclo de vida evolui da análise e projeto para prototipagem e construção e, finalmente, é implantado, podemos dizer que as estratégias a serem usadas respectivamente são: engenharia virtual, *soft modelling* e *hard review* e, quando um *release* é liberado ou o software é implantado, mundo real;
- b) **localização** – em campo ou laboratório;
- c) **grau de influência** ou tendência do avaliador (*bias*) – o nível de subjetividade ou objetividade do método, o quanto ele pode ser influenciado pelas tendências ou preferências do especialista;
- d) **medida de usabilidade** – tipos de medidas que o método oferece (qualitativa ou quantitativa);
- e) **informação** – tipo de informação que o método retorna - baixo nível, como fonte legível ou combinação de cores ou alto nível, como impressão geral da usabilidade do sistema;
- f) **instantaneidade do resultado** (*immediacy of response*) - define quão rapidamente o resultado está disponível (imediatamente ou após análise dos dados coletados);
- g) **grau de intrusão** – o quanto o comportamento do usuário é influenciado pela presença do observador;
- h) **custo** - se o método é caro ou barato.

Para ilustrar a aplicação destes critérios, tomemos como exemplo os métodos heurísticos. Eles podem ser empregados em estratégias *hard review* e engenharia virtual, devem ser aplicados em laboratório, o grau de influência ou tendência do avaliador é subjetiva, permite medir efetividade e eficiência do uso, fornece um nível de informação de usabilidade baixo, pode produzir resultados tanto imediatos quanto posteriores à análise, não é intrusivo e é barato⁵⁶.

⁵⁵ **G**oals, **O**perations, **M**ethods and **S**election rules. Estes elementos (objetivos, operações, métodos e regras de seleção) são os blocos construtores deste modelo e representam o conhecimento necessário para que uma pessoa realize uma tarefa. Desenvolvido por Stuart Card, Thomas P. Moran e Allen Newell e apresentado em 1983 ([UsabilityFirst], [Wikipedia]).

⁵⁶ Vide referência para análise similar de todos os grupos de métodos apresentados.

A Tabela 5-, apresenta uma taxonomia de métodos de avaliação de usabilidade baseada nas estratégias discutidas neste tópico.

Tabela 5-3 - Taxonomia de métodos de avaliação - Adaptado de [Fitzpatrick99]

<i>Alto</i>	Computador Real	<i>Hard Review</i> <ul style="list-style-type: none"> • métodos heurísticos 	Mundo Real <ul style="list-style-type: none"> • observação • questionário • entrevista • métodos empíricos • grupos de usuários
<i>Baixo</i>	Computador Figurativo	Engenharia Virtual <ul style="list-style-type: none"> • percurso cognitivo • métodos heurísticos • métodos baseados em revisão • métodos baseados em modelos 	<i>Soft Modelling</i> <ul style="list-style-type: none"> • observação • questionário • entrevista • métodos empíricos • grupos de usuários
		<i>Baixo</i>	<i>Alto</i>
		Usuário Figurativo	Usuário Real

5.2 Avaliação de Usabilidade em Sistemas Móveis

As sessões anteriores deixam claro que contamos com um grande número de métodos de avaliação de usabilidade. Conforme veremos adiante, embora tenhamos um grande número de técnicas dentre as quais escolher, novos critérios e métodos precisam ser pesquisados para sistemas móveis.

De maneira geral, considera-se que as inspeções de usabilidade não são adequadas para avaliar a usabilidade de sistemas móveis, já que não tratam diretamente do contexto de uso. Os testes tradicionais de usabilidade em laboratório, por sua vez, também enfrentam a dificuldade de lidar com o contexto, já que não seria possível simular as condições de uso típicas do ambiente aberto (clima, variedade das atividades e demandas competindo entre si) [Johnson98]. Métodos que levam em conta o contexto, como os estudos de campo, são dispendiosos e possuem técnicas de coleta de dados que não são completamente adequadas para acomodar a mobilidade, problema este compartilhado em maior ou menor grau pelas outras estratégias de avaliação.

Os estudos apresentados nas próximas seções, buscam adaptar abordagens existentes ou criar novas abordagens. Há tentativas similares, outras conflitantes. Métodos de avaliação para sistemas móveis são, sem dúvida, uma área emergente e com muitas questões em aberto. Neste espírito, o objetivo desta seção é oferecer um panorama da avaliação de usabilidade em sistemas móveis. As experiências pesquisadas serão descritas a seguir, agrupadas pelo método principal tomado como base para a avaliação.

5.2.1 Métodos de Inspeção

A experiência a seguir foi relatada por *Vetere et al.* [Vetere+03] e toma como base dois métodos de inspeção: avaliação heurística e percurso cognitivo. Parte do princípio de que avaliações heurísticas podem oferecer benefícios no caso de avaliações de usabilidade de sistemas móveis, considerando que é difícil fazer avaliações de usabilidade baseadas no usuário deste tipo de sistema, uma vez que é difícil controlar o experimento, o usuário pode estar se deslocando e é

difícil prever a que variáveis o usuário está sujeito e como elas o influenciam, em se tratando do uso em contexto variável.

Conforme definido em seções anteriores, a avaliação heurística baseia-se no uso de *guidelines* robustas e validadas para avaliar os possíveis problemas de usabilidade de um sistema. É baseada no conhecimento de expertos das *guidelines* e na compreensão de suas implicações para o *design* da interface. Podem, ainda, ajudar a estruturar e delimitar o escopo dos problemas de usabilidade considerados. Estes métodos, embora sejam pouco influenciados por aspectos situacionais, oferecem uma boa relação custo / benefício entre os recursos empregados e os resultados obtidos. Entretanto, as heurísticas tradicionais, como as de *Nielsen* [Nielsen94], são incompletas para avaliar sistemas móveis e deve-se, portanto, adaptar ou buscar heurísticas que sejam adequadas.

No **Capítulo 4**, consideramos que a tecnologia móvel pode ser definida em função de duas dimensões, a portabilidade e a conectividade. A avaliação heurística lida bem com os problemas relacionados aos dispositivos móveis, à portabilidade – problemas com o *design* da informação e da interação. Entretanto, a avaliação heurística tradicional não é capaz de identificar problemas relacionados com a mobilidade em si (mudança de contexto de uso, que a conectividade viabiliza).

O contexto dinâmico se reflete na mudança de ambiente social como a situação de sair de um lugar cheio de pessoas, para uma reunião formal ou para casa. Estas transições sociais são parte importante do uso móvel. Estudos apontam que o uso persistente de dispositivos móveis depende do grau de suporte que eles dão a interações sociais. Heurísticas para avaliação de dispositivos móveis devem considerar o contexto social.

Partindo do ponto de vista do contexto social, o estudo de *Vetere et al.* [Vetere+03] identifica um modelo, usado em uma situação similar (busca de heurísticas para avaliar *groupware*⁵⁷) conhecido como *Locales*. Ele é baseado na metáfora de lugar, que é definido pelo comportamento de seus membros e pelo uso de seus artefatos. Este lugar não existe a priori e sim resulta das

⁵⁷ software que dá suporte a trabalho em equipe.

interações entre os membros e os recursos existentes. Este modelo é usado para compreender atividade social e foi adaptado para acomodar a mobilidade, gerando as seguintes heurísticas:

- 1) **oferecer locais** – relaciona-se com recursos disponíveis no *locale*, se há um centro de atividade formado para um propósito coletivo, recursos que pertencem ao *locale*, manutenção destes recursos, acesso e privacidade no *locale*;
- 2) **oferecer consciência do contexto** (*provide awareness*) – diz respeito a informações do usuário disponíveis para os demais membros do grupo, informações sobre recursos de outras pessoas do grupo disponibilizados para o usuário, capacidades das entidades envolvidas (e.g. transmitir e receber informação) e à possibilidade de escolher e negociar em que grau estar visível e o que disponibilizar para os demais;
- 3) **oferecer visões individuais** – permite identificar que recursos estão disponíveis individualmente, oferece a possibilidade de ter uma visão personalizada de vários *locales*, estabelecer o grau de envolvimento e participação com outros *locales*;
- 4) **trajetórias de interação** – diz respeito à previsibilidade do curso da ação, possibilidade de interferir na trajetória da interação, possibilidade de rever atividades, possibilidade de rever a evolução da trajetória de *locales*;
- 5) **estruturas cívicas** – se o *locale* é parte de uma comunidade de *locales*, permite identificar em que outros recursos além dos em uso podem ser encontrados e usados; relaciona-se com a manutenção da comunidade, navegação na comunidade, possibilidade de encontros casuais, dinâmica da comunidade, se há suporte ao surgimento e à dissolução de *locales*.

Percurso cognitivo e avaliação heurística são métodos de inspeção, usuários reais não são necessários. Na avaliação heurística, avalia-se conformidade com *guidelines*. No percurso cognitivo, cenários são usados para guiar a avaliação e o sucesso é medido em relação às tarefas que se consegue completar. O estudo de *Vetere et al.* [Vetere+03] propõe um método nomeado Percurso Heurístico Móvel, que usa as heurísticas de *locales* para avaliar usabilidade do sistema móvel na realização de um conjunto de tarefas.

Neste estudo (*Vetere et al.* [Vetere+03]), a fim de validar a proposta, foi realizada a avaliação de uma aplicação. Um dos principais problemas enfrentados foi a falta de um contexto de uso palpável, uma vez que o teste não foi realizado nos contextos reais de uso. Os avaliadores

sofreram com a sobrecarga cognitiva de estarem usando uma aplicação nova e avaliando-a segundo um método novo. Adicionalmente, o conhecimento dos avaliadores afetou a avaliação, já que alguns problemas detectados não decorreram apenas da aplicação estrita do método, mas também da experiência dos avaliadores como especialistas em usabilidade. Houve ainda diferentes interpretações do conceito de *locale*: *locale* foi identificado com uma funcionalidade da aplicação; com um lugar físico ou social; com um modo do sistema em que as ferramentas e capacidade das entidades estão disponíveis para o usuário. Os autores (*Vetere et al.* [Vetere+03]) recomendam que o *locale* seja visto como uma pergunta a respeito da natureza do lugar no qual a ação principal ocorre (e.g. “que tipo de lugar é este?”).

Considerando os resultados da avaliação e do estudo, estima-se que por volta de 40% dos problemas de usabilidade possam ser relacionados com a heurística dos *locales*. É provável que elas capturem apenas parte do problema da mobilidade. Por outro lado, problemas sérios (que impediam ou afetavam seriamente a conclusão de uma tarefa) só puderam ser descobertos com o uso destas heurísticas.

5.2.2 Métodos de Teste

Métodos de testes com simulação do contexto em laboratório. *Beck et al.* [Beck+03] colocam que conceitos, metodologias e abordagens estabelecidas em interação humano-computador têm sido desafiados pelo crescente foco em sistemas para dispositivos “vestíveis”, portáteis e móveis. Este cenário cria a necessidade de abordagens novas para projetar e avaliar sistemas usáveis e úteis. O uso de sistemas móveis se dá, em geral, em contextos altamente dinâmicos e costuma envolver pessoas distribuídas nas imediações físicas do usuário. Este cenário induz a considerar testes em campo indispensáveis para a avaliação da usabilidade de sistemas móveis.

Entretanto, testes em campo enfrentam três dificuldades fundamentais:

- 1) é difícil elaborar estudos realistas no que diz respeito a capturar a riqueza do contexto de uso no caso móvel;
- 2) é difícil aplicar técnicas de captura de informações em campo;

- 3) é difícil coletar dados em campo e controlar o experimento, já que os usuários estão em movimento em um ambiente com variáveis desconhecidas que podem afetar o experimento.

Por outro lado, em laboratório, estas dificuldades são minimizadas: controlar o experimento e coletar dados de qualidade não são problemas. Por outro lado, a abordagem está muito distante da situação real. No caso de testes tradicionais com dispositivos fixos, há técnicas que procuram simular também o contexto de uso no laboratório (e.g. mobiliá-lo como um escritório), mas para testar sistemas móveis, seria difícil recriar, em laboratório, de maneira realista, o contexto de uso. Neste trabalho de *Beck et al.* [Beck+03] propõem maneiras de lidar com estas limitações.

A fim de estabelecer uma base para o estudo, os autores realizaram um trabalho de revisão no qual foram pesquisados trabalhos na área de HCI produzidos entre 1996 e 2002 publicados pela ACM⁵⁸. Dos 636 artigos examinados, 114 tratavam de interação humano-computador para sistemas móveis, dos quais:

- 2 tratavam de aspectos gerais de teste de usabilidade;
- 11 relatavam testes de usabilidade realizados em simuladores de dispositivos móveis em PCs;
- 44 tratavam do *design* de aplicações móveis que empregaram métodos tradicionais de avaliação como avaliação heurística e pensar em voz alta em laboratório. Neste caso, muitos empregaram uma técnica em que os envolvidos no teste ficavam sentados em uma mesa a fim de testar um dispositivo projetado para uso em uma situação de mobilidade;
- 6 artigos relataram a aplicação de novas técnicas de teste que procuravam refletir ou recriar uma situação de mobilidade;
- 15 mencionaram fazer testes de usabilidade mas não os descreveram;
- 36 não mencionavam a realização de testes de usabilidade.

No que diz respeito à aplicação de novas técnicas, duas categorias se destacam: na primeira, os participantes do teste deveriam usar o sistema móvel enquanto andavam. Para tanto, foi usada uma esteira, ou uma trilha definida no laboratório, ou uma rota no mundo real (que poderia envolver também ter que encontrar o caminho). Os testes permitiram coletar dados qualitativos e

quantitativos como tempo para completar as tarefas, taxa de erros, sobrecarga cognitiva percebida.

Na segunda categoria, os participantes deveriam usar o sistema móvel enquanto dirigiam um simulador de carro. O tipo de simulador variou de simuladores de baixa fidelidade como os simuladores para PC até carros reais. Embora o participante não esteja “tão móvel” quanto quando está andando, este tipo de situação facilita a avaliação do uso de sistemas móveis quando o usuário está simultaneamente envolvido em uma atividade com alta demanda cognitiva. Os testes baseados em simuladores permitiram também a coleta de dados tanto qualitativos quanto quantitativos e uma grande quantidade de testes pode ser realizada em intervalos curtos de tempo.

De forma geral, o levantamento da literatura realizado no trabalho de *Beck et al.* [Beck+03] mostra que apenas uma pequena parte da pesquisa de IHC está voltada para testar usabilidade de sistemas móveis, dos quais a maioria aplica testes tradicionais. Os que aplicam métodos novos demonstram pouca variedade, o que impõe as seguintes questões: 1) as técnicas tradicionais são boas para testar sistemas móveis? 2) que novas técnicas podem ser sugeridas?.

Dado a dificuldade de partir apenas da literatura sobre mobilidade para sugerir novos métodos, já que há definições bastante abstratas de mobilidade, os autores usaram teorias relacionadas ao processamento da informação por seres humanos e sua descrição de atenção e situação consciente. A partir disso, construíram dois modelos para o experimento. O **Framework A**, baseado nas diferentes maneiras que o participante pode estar se movendo enquanto usa o sistema móvel. É composto de duas dimensões: 1) tipo de movimento do corpo (nenhum, constante e variável); 2) atenção necessária para navegar (nenhuma ou consciente). Combinando estas dimensões resultam seis situações possíveis, cinco válidas:

- 1) nenhum movimento do corpo x nenhuma atenção para navegar (sentado em uma mesa ou parado em pé);
- 2) movimento constante do corpo x nenhuma atenção para navegar (caminhando a uma velocidade constante em uma esteira)

⁵⁸ Association for Computing Machinery <http://www.acm.org/>

- 3) movimento constante do corpo x atenção consciente para navegar (caminhando em velocidade constante em uma trilha que muda, pois se varia a posição de obstáculos ao longo da trilha)
- 4) movimento variável do corpo x nenhuma atenção para navegar (caminhando em velocidade variável em uma esteira)
- 5) movimento variável do corpo x atenção consciente para navegar (caminhando em velocidade variável em uma trilha que muda, pois se varia a posição de obstáculos).
- 6) nenhum movimento do corpo x atenção consciente para navegar (inválida)

O **Framework B** foi definido partindo da noção de atenção dividida, de forma similar ao problema relatado no uso de sistemas móveis ao guiar simuladores de carro: divisão de atenção entre o uso do sistema móvel e uma tarefa com demanda cognitiva alta.

Assim, neste trabalho de *Beck et al.* [Beck+03], foram conduzidos testes experimentais para investigar os *frameworks* A e B. No caso A, além das 5 situações propostas, testadas em laboratório, foi também realizado um teste em uma rua. Em todos os testes, os participantes foram filmados para posterior identificação dos problemas de usabilidade; a performance foi obtida automaticamente por uma aplicação que monitorou o tempo gasto e a interação do usuário em cada tarefa. Cada participante foi submetido a um teste padrão imediatamente após o teste de usabilidade (questionário), que permite identificar a carga de trabalho experimentada pelo participante.

No caso B, foi conduzido um teste em laboratório, em que os participantes tinham que usar dispositivos móveis enquanto jogavam um jogo de computador (*dance mat*, no qual o usuário deve movimentar-se – dançar – em um tapete no chão) e outro teste em que usavam dispositivos/sistemas móveis enquanto caminhavam na rua. Em ambos os casos, pretendeu-se simular a divisão de atenção. Os participantes foram filmados e tanto os problemas de usabilidade quanto sua performance foram extraídos das gravações. Em todos os testes, as tarefas relacionavam-se com o envio de mensagens via SMS, uma vez que exige tanto entrada de dados quanto a leitura de dados. O teste caminhar na rua serviu como referencial de comparação entre os modelos A e B.

No caso A, o teste que capturou mais problemas foi aquele em que os participantes ficavam sentados em uma mesa (nenhum movimento do corpo x nenhuma atenção para navegar). Nenhum dos demais cenários foi capaz de identificar todos os problemas de usabilidade. Os problemas foram divididos em críticos, sérios e cosméticos. Todos os cenários identificaram aproximadamente a mesma quantidade de problemas críticos e as diferenças foram maiores no número de problemas considerados cosméticos. Quanto à performance, não foi possível identificar nenhuma diferença consistente entre as técnicas (cenários) propostas. No que diz respeito à carga de trabalho, as que menos demandaram atenção foram: sentado na mesa e caminhando a uma velocidade constante em uma esteira.

As tarefas realizadas caminhando em velocidade variável, caminhando numa trilha em formato de 8 (contínua ou com obstáculos variando de posição) e caminhando na rua, revelaram uma carga muito maior que as duas primeiras. Entretanto, não houve diferença significativa entre as técnicas envolvendo caminhar em velocidade variável (no laboratório e na rua) e as envolvendo caminhar na trilha em formato de 8. No caso B, mais problemas de usabilidade foram descobertos e melhor performance do usuário foi atingida no cenário de uso em que se caminha pela rua. O cenário do jogo (*dance mat*) demonstrou demandar mais atenção do usuário.

O resultado mais surpreendente foi o do uso da técnica/ cenário em que os participantes do teste de usabilidade desenvolvem suas atividades sentados em uma mesa, em que foi identificada a maior quantidade de problemas de usabilidade. Nesta perspectiva, podemos dizer que este teste, que equivale à abordagem tradicional, foi o que melhor atingiu os objetivos de uma avaliação de usabilidade. Nos demais casos, os participantes tiveram que dividir sua atenção e esforço entre várias atividades (usar o dispositivo, caminhar, dar feedback sobre o uso ou problemas) de modo que menos problemas puderam ser identificados. O experimento mostrou ainda que os testes envolvendo movimento e navegação são melhores em encontrar problemas com o layout da interface e o tamanho e localização de elementos individuais da interface.

No teste de campo, os participantes foram filmados por uma terceira pessoa usando uma filmadora portátil. A captura de dados desta forma revelou-se bastante difícil e uma possível

melhoria para testes futuros é a montagem de câmera e microfones nos próprios participantes. A interação com o contexto social não foi coberta pelo experimento.

O objetivo da exploração dos cenários propostos neste estudo realizado por *Beck et al.* [Beck+03] foi descobrir técnicas que possam facilitar o teste de sistemas móveis em um ambiente controlado, mas simulando situações reais tanto quanto possível. Uma limitação do experimento foi o pequeno número de participantes por técnica.

Métodos de testes com simulação do contexto em laboratório. O uso de sistemas móveis é caracterizado por aspectos particulares de contexto e propósito de uso que dificultam fazer inspeções (avaliação por expertos) de usabilidade ou simular estas mesmas condições de maneira realista em laboratório. Assim, levar a avaliação de usabilidade ao mundo real parece uma abordagem natural. Entretanto, conduzir avaliações de usabilidade de dispositivos móveis em campo envolve uma série de dificuldades:

- é difícil estudar certos sistemas móveis voltados para trabalho colaborativo em campo, já que o uso do sistema estará distribuído no espaço e no tempo entre os diversos atores, atores que estarão se deslocando enquanto usam o sistema;
- há sistemas móveis colaborativos que lidam com questões de segurança críticas, envolvendo riscos para as pessoas e equipamento e, neste cenário, não se pode desenvolver um estudo exploratório do sistema, já que enganos não podem ser tolerados;
- avaliações em campo limitam as formas de controle e complicam a coleta de dados.

Assim, propõem *Kjeldskov & Skov* [Kjeldskov+03], a melhor forma de explorar avaliações de usabilidade de sistemas móveis é em laboratório. Três cenários de teste em laboratório foram comparados: com usuários sem conhecimento do domínio em laboratório tradicional; com usuários com conhecimento do domínio em laboratório tradicional; com usuários com conhecimento do domínio em um simulador do ambiente-alvo. A idéia foi variar o grau de expertise dos usuários e o grau de realismo da situação. A técnica usada nos três casos foi pensar em voz alta.

A comparação de resultados não revelou diferenças significativas entre os três cenários de teste em termos de número de problemas identificados. O grau de conhecimento dos usuários não teve influência significativa no número de problemas encontrados e nem o grau de realismo da situação. Em termos qualitativos, foi possível identificar diferenças, em que cada cenário e cada grau de conhecimento motivou a identificação de problemas únicos.

Medição de Performance. Embora sugira que é possível usar qualquer método de avaliação de usabilidade em sistemas móveis, *Xie* [Xie03] observa que avaliações tradicionais (sugere avaliação heurística ou um método de teste) podem fornecer resultados irrelevantes já que não levam em conta o contexto de uso. No caso de avaliação heurística, por exemplo, sugere que se escolham cenários que simulem situações reais, como o uso do dispositivo no escuro e sob pressão de tempo.

Considera que sistemas de Internet móvel são difíceis de usar, não são flexíveis nem robustos, resultando em uma experiência negativa para o usuário. Estudos apontam que esta dificuldade (no caso WAP, ver [Ramsay+00]) é devido à pouca atenção dedicada à análise de fatores humanos para estes sistemas. Eles necessitam ser tão eficientes quanto possível e baseados em um entendimento preciso dos requisitos, das necessidades reais do usuário. Sugere, assim, que para avaliar a usabilidade destes sistemas sejam realizadas medidas de performance tais como: percentual de tarefas completadas em dado intervalo de tempo; tempo necessário para completar uma tarefa; número de cliques necessários para completar a tarefa; número de desvios usados pelo usuário em relação ao caminho mínimo projetado para atingir o ponto estabelecido pela tarefa; número total de cartas visitadas para completar a tarefa; medidas como tempo gasto na tela para completar a tarefa.

Métodos empíricos. Veja no Capítulo 4 (4.4.3 O Contexto de Uso) estudos realizados em [Chae+03b] e [Chae+04] sobre a influência do tamanho da tela na usabilidade de sistemas móveis.

5.2.3 Métodos de Investigação

Questionário. No **Capítulo 3** , vimos uma pesquisa realizada com milhares de usuários na Coreia do Sul entre 2000 e 2001 ([Kim01],[Chae+03a]), realizada por meio de questionário online, a fim de investigar atitudes e necessidades manifestadas pelos usuários em determinados domínios da Internet móvel. Embora seus resultados não possam ser generalizados diretamente, a pesquisa revelou vários aspectos que devem ser considerados no desenvolvimento de aplicações de *m-commerce*.

Investigação contextual. No **Capítulo 4** temos um estudo etnográfico (investigação contextual, [Olsen+99]) que investigou as demandas de atenção manifestadas por usuários de aplicações para dispositivos móveis. O estudo revelou que há limitações físicas e limitações mentais ao uso destes dispositivos. A partir dos resultados estabelecidos, concluiu-se que aplicações para dispositivos móveis devem ser desenvolvidas de tal modo que a interação exija pouca atenção por parte do usuário.

Testes automatizados. Entender onde e quando os usuários têm dificuldades quando realizam tarefas em um *website* é de importância crítica para melhorar o *design* do site. A transição para telas pequenas e dispositivos de entrada que limitam a interação, como é o caso de dispositivos móveis, é uma tarefa complexa. O teste em laboratório (observação detalhada e entrevista em ambiente controlado) é a técnica mais comum de teste, mesmo para dispositivos móveis, o que exige esquemas complicados para filmar e capturar as ações dos usuários. Este tipo de teste entretanto, embora forneça bom resultado qualitativo, geralmente é caro e consome muito tempo. Além disso, o uso em laboratório está longe do uso real dos dispositivos móveis, devido à possibilidade de uso em ambientes abertos.

Partindo destes pressupostos, *Waterson et al.*[Waterson+02], propõem que, uma outra forma de coletar dados do usuário seria fazê-lo remotamente, por meio da análise de *logs* resultantes dos cliques efetuados pelo usuário. Embora não se possa avaliar saídas qualitativas (como gestos e comentários do usuário), um número maior de usuários podem ser testados desta forma, a um custo menor e no ambiente de uso real.

Para avaliar as possibilidades desta abordagem, foi montado um experimento em que dois grupos de usuários participaram de um teste de usabilidade: um em laboratório e outro remotamente, ou seja, um grupo teria suas tarefas observadas em laboratório e outro teria apenas os seus cliques registrados durante a realização das tarefas que seriam feitas em local escolhido pelo participante. Os dados foram coletados com um sistema chamado *WebQuilt*⁵⁹.

O teste em laboratório revelou 18 problemas, dos quais o teste remoto revelou apenas 7. Entretanto, dos 7 identificados, 5 estavam relacionados com o *design* do site, 3 estavam entre os 4 problemas mais sérios. Uma limitação da abordagem é que o *WebQuilt* não captura interação que não provoca chamada ao servidor. Assim, se o usuário clica em algo que não é um link ou tenta interagir com o dispositivo antes de uma página carregar, isto não será percebido. Outra limitação é que, por meio deste método, não é possível identificar a motivação por trás de um determinado conjunto de cliques (e.g., não há como saber se o usuário está só curioso em explorar o site ou está confuso sobre o que fazer).

O estudo mostrou que a análise remota dos cliques é boa para revelar problemas com *design* de página (navegação, conteúdo), mas não pode identificar problemas relacionados com o dispositivo.

Diário de Incidentes. *Kim* [Kim01] realizou um estudo para coletar informações sobre o uso de Internet móvel sem perturbar o contexto de uso do usuário. Para tanto, foram usados dois métodos de coleta de dados: 1) um diário de bolso; 2) um diário na *Web*.

O diário de bolso possuía questões predefinidas sobre o contexto e problemas encontrados para serem apenas pontuadas em uma escala de 7 pontos. No diário na *Web*, mais detalhes podiam ser fornecidos. O estudo foi realizado considerando os critérios de avaliação heurística para classificar os problemas encontrados pelos usuários. O estudo demonstrou que em ambiente fechado, os problemas mais frequentes relacionam-se com: diálogo simples e natural; controle do usuário e liberdade; flexibilidade e eficiência de uso; boas mensagens de erro e *help* e

⁵⁹ Ver referência para maiores detalhes.

documentação. Em ambiente aberto, os problemas mais comuns foram: falar a linguagem do usuário; minimizar a carga de memória do usuário; consistência; controle do usuário e liberdade; boas mensagens de erro e *help* e documentação.

Não foram identificados problemas em nenhum dos dois contextos com visibilidade do status do sistema. O estudo relata ainda um teste em laboratório e uma pesquisa pela Internet (descrita no início desta seção no método “Questionário”). O objetivo dos três estudos é descobrir as características de Internet móvel e suas conseqüências para IHC.

Método baseado em modelo. [Lim+03] apresenta um método de avaliação de usabilidade baseado em cenários – *Design Information Framework* – DIF. O objetivo é desenvolver uma forma estruturada de usar cenários para avaliação de usabilidade. O cenário usado como exemplo do uso da técnica foi modificar o endereço de uma pessoa usando um PDA.

Este cenário foi usado para uma análise de tarefa usando a técnica análise hierárquica de tarefa⁶⁰ (*Hierarchical Task Analysis*). O método DIF é usado para a transição entre o cenário e um modelo de tarefa. O DIF é composto de elementos de informação de *design* (DILs - *Design Information Elements*) e de primitivas de informação de *design* (DIPs – *Design Information Primitives*), que são descritores atômicos de um conceito. O DIF tem uma estrutura aberta, de modo que os elementos de informação são identificados por projeto.

O estudo inicia com a observação do uso do dispositivo (em laboratório) considerando aspectos cognitivos, físicos e da seqüência da tarefa realizada pelo usuário. A partir da observação, foi criado um cenário (descrição e codificação de acordo com os princípios do DIF) que pôde ser mapeado em um modelo (hierárquico) de tarefa. Este modelo permitiu definir que tarefas são importantes e devem ser mais bem analisadas para uma avaliação detalhada.

⁶⁰ É uma técnica que consiste em decompor os passos necessários para realização de uma tarefa pelo usuário, em diferentes níveis de detalhe.

Em suma, o estudo demonstra que o DIF provê uma abordagem sistemática para o uso de cenários para avaliação de usabilidade, ao transformar (codificar) dados de um cenário para algo mais formal como um modelo de tarefa.

Investigação contextual. [Herstad+99] relata um estudo de campo (investigação contextual) sobre as tarefas realizadas por mensageiros de bicicleta e suas necessidades de comunicação enquanto estão em trânsito.

Os instrumentos usados nesta comunicação (*paggers*, celulares, terminais de rádio) são todos chamados genericamente de terminais. Idealmente, o terminal deveria se adaptar aos hábitos e padrões de comunicação do usuário e se tornar transparente, ou seja, o usuário se comunicaria sem se preocupar com a presença do terminal. Para atender estas necessidades, terminais formados pela integração de diversos terminais em um só têm sido construídos. Entretanto, o resultado tem sido interfaces (de hardware e software) complicadas e pouco flexíveis.

Com base nos resultados obtidos, o estudo sugere que, ao invés de integrados, os terminais devem ser decompostos em diversos componentes básicos, capazes de colaborar (por meio de comunicação sem fio, por exemplo). Assim, conforme a necessidade do usuário, se selecionaria um determinado conjunto de componentes básicos para formar um terminal personalizado.

Grupos de Usuários. Produtos de consumo como celulares, têm um grande número de usuários em potencial, que não podem ser especificados antecipadamente. Foco no usuário desde os primeiros estágios do desenvolvimento transforma um processo de *design* baseado na tentativa e erro em uma atividade baseada em informação, resultando em menos iterações. Com restrições e pressões relacionadas a prazo, custos e recursos, desenvolvedores geralmente acham perda de tempo e dinheiro envolver usuários no processo de *design*.

Estudos de campo, como investigação contextual, geram uma quantidade enorme de informação para analisar e representar. Abordagens de engenharia de usabilidade econômica ou “com desconto”, por outro lado, economizam tempo e em geral dispensam o envolvimento do usuário nos estágios iniciais, mas a engenharia de usabilidade é mais efetiva se aplicada em estágios

primordiais. Há estudos que sugerem, ainda, que o envolvimento do usuário perturba o processo de desenvolvimento, não traz os benefícios esperados e pode trazer prejuízos. Considerando estas motivações, *Kujala & Mäntylä* [Kujala+00] afirmam que a solução pode estar em estudar o usuário ao invés de envolvê-lo no processo.

O *design* de um produto deve ser compatível com os limites da capacidade de processar informação do ser humano. Estas capacidades são ampliadas se o usuário pode usar seu conhecimento de um domínio específico na compreensão do sistema. Em se tratando do uso de produtos novos, fornecer um modelo conceitual do sistema, antes das instruções de uso, facilita o aprendizado. Estudos sugerem que, antes da existência de qualquer produto, o aspecto mais importante do modelo é o conhecimento relacionado com a tarefa e seus componentes básicos são objetivos, operações, métodos e regras de seleção. Estas considerações ajudam a definir que informações coletar.

Designers precisam conhecer os objetivos do usuário para serem capazes de dar suporte aos mesmos. Também é necessário conhecer como o usuário atinge estes objetivos no presente. A descoberta de seus objetivos permite identificar ainda problemas e necessidades do usuário. Em suma, a habilidade de um usuário no uso de um sistema depende de quão bem o sistema corresponde a seus objetivos, sua maneira de agir, o quanto realizam suas expectativas e utilizam seus conhecimentos.

Para coletar informação, inicialmente é preciso escolher que usuários serão alvos da coleta. Devem ser usuários representativos. Uma boa estratégia é selecionar tanto usuários avançados - aqueles que executam intensivamente dada tarefa, lidam com as dificuldades atuais freqüentemente, o que pode ter motivado o desenvolvimento de soluções ou artifícios para alcançar seus objetivos - como usuários típicos - que não executam a tarefa com tanta freqüência. Em seguida, é necessário decidir o método de coleta de informação. São sugeridas três técnicas simples, mas capazes de revelar vários aspectos. A principal é a de entrevistas (se possível filmada para não ter somente anotações como fonte de dados) e mais dois métodos para dar suporte ou trabalhar aspectos para os quais a entrevista não é adequada.

As técnicas usadas com este propósito foram *conceituação interativa de funcionalidade* (foco na classificação de ferramentas, pessoas, lugares, propriedades e conceitos) e *pensar em voz alta* (foco em como os procedimentos são realizados presentemente e as crenças, teorias ou habilidades relacionadas). Para descrever os resultados de estudos de usuários, este trabalho recomenda linguagens sintéticas e com bom poder de expressão (como as diagramáticas) para otimizar o processo e facilitar o compartilhamento de informações.

O método apresentado fornece conhecimento de profundidade razoável em um período curto de tempo a custo relativamente baixo. É útil para verificar pressupostos a respeito dos usuários e suas preferências, diminuir riscos e apoiar tomada de decisões de *design*. Os resultados dão uma base aproximada, mas informativa para o trabalho de *design*. Indicam também que os métodos apresentados são complementares e que é uma boa prática combinar abordagens que aumentem a qualidade do resultado.

5.2.4 Outras Abordagens

Combinação de métodos ao longo do ciclo de desenvolvimento – Avaliação heurística, formativa e somativa. Conforme vimos no **Capítulo 3** uma atividade chave na análise do domínio é a análise de tarefas do usuário, que objetiva produzir uma descrição o mais completa possível de tarefas, subtarefas e ações a que o sistema em desenvolvimento dará suporte [Gabbard+03]. A análise de tarefa deve ser flexível para permitir modificações nos requisitos durante qualquer estágio do desenvolvimento. De acordo com este estudo, entrevistar a base de usuários existentes junto com especialistas do domínio e os ‘visionários’ da aplicação fornece uma boa idéia do que os usuários necessitam e esperam de uma aplicação (conforme tópico anterior [Kujala+00]). Por ser dispendiosa, análise baseada na observação só deve ser usada em último caso. Espera-se como resultado da análise do domínio uma decomposição geralmente hierárquica das descrições de tarefas dos usuários (permite identificar funcionalidades e seqüências de tarefas) e cenários descrevendo os usos potenciais da aplicação.

Este estudo [Gabbard+03], além de uma cuidadosa análise do domínio, propõe o uso de três métodos de forma progressiva no ciclo de desenvolvimento do produto: avaliação heurística, avaliação de usabilidade formativa (*formative usability evaluation*) e avaliação de usabilidade

somativa⁶¹. A avaliação de usabilidade formativa é o processo de avaliar, refinar e melhorar o *design* da UI por meio da realização de tarefas relacionadas a cenários típicos, por usuários representativos. Estes usuários são observados e os dados (qualitativos e quantitativos) coletados servem para identificar problemas de usabilidade. A garantia da usabilidade ocorre pelo envolvimento dos usuários nos estágios iniciais e continuamente em todo o ciclo de desenvolvimento. Este método depende fortemente do contexto de uso e do sólido conhecimento de interação humano-computador.

A avaliação de usabilidade somativa (*summative usability evaluation*), ao contrário da formativa, é realizada somente depois que o produto ou parte dele está quase completo. Seu propósito é comparar estatisticamente vários sistemas diferentes ou *design* candidatos, para escolher o melhor de acordo com critérios definidos previamente. Este é o tipo mais caro de avaliação devido à necessidade de grande número de usuários para alcançar validade estatística e devido à complexidade da análise dos dados coletados.

O estudo sugere que uma maneira de avaliar a usabilidade de um produto é usar diferentes modalidades de avaliação, de forma progressiva, durante o desenvolvimento do produto. A progressão proposta é avaliação heurística, avaliação formativa e avaliação somativa. Se mais de um projeto é candidato a solução, então a comparação feita por avaliação somativa será mais confiável se ambos projetos tiverem passado pela mesma progressão, caso contrário poderíamos estar comparando projetos com níveis de usabilidade diferentes.

Esta abordagem é indicada no desenvolvimento de sistemas interativos complexos. Os estudos apresentam casos em que as técnicas propostas foram aplicadas, conforme descrevemos a seguir:

- **Dragon** – um sistema de visualização do campo de batalha e entidades militares em um mapa tridimensional. Os usuários podem navegar e interagir com símbolos do mapa, manipular e consultar entidades;
- **BARS** (*Battlefield Augmented Reality System*). este sistema dá suporte a operações militares em ambiente urbano. É um dispositivo móvel usado na cabeça que permite uma

⁶¹ Tanto a avaliação formativa quanto a somativa, têm origem em teorias relacionadas à Educação. São técnicas originalmente formuladas para avaliar programas de aprendizagem.

visão de “realidade aumentada”, que é um paradigma de exibição que mistura gráficos gerados por computador com a visão do mundo real como visto pelo usuário. Com esta aplicação, é possível ter informação do objeto sendo visualizado pelo usuário, o que lhe permite tomar decisões na operação militar;

- **BIDT** (*Battlefield Information Display Technology*) – dispositivo móvel usado na cabeça, com um display monocular que usa um raio laser para pintar uma imagem diretamente na retina do usuário. A aplicação permite a visualização de informação tática para o soldado em ambiente urbano.

A análise dos resultados demonstrou, para os casos estudados, que a presença de expertos no domínio da aplicação traz grandes benefícios para o processo de avaliação, ao fornecer informações relacionadas ao contexto e ajudar a dirigir e priorizar os focos de análise, o que otimiza o uso de recursos. A progressão de avaliações, de heurística para somativa, realmente contribui para melhorar o *design* da UI, a um custo razoável: na avaliação heurística são encontrados problemas de usabilidade óbvios ou funcionalidades que faltam, permitindo melhorias na UI antes que uma avaliação com usuários (formativa) seja feita. A avaliação formativa por sua vez, revela para a avaliação somativa que características de usabilidade são críticas para se avaliar e comparar. A progressão otimiza os esforços, de modo que cada etapa pode ser mais rápida por poder dedicar esforços ao seu foco de aplicação, permitindo um alinhamento com os esforços de desenvolvimento (fornecer informação em tempo hábil).

Método baseado em revisão, entrevista, estudo empírico. Com o objetivo de identificar que métodos seriam apropriados para avaliação de sistemas móveis, *Lindroth e Nilsson* ([Lindroth+01a] [Lindroth+01b]) propõem o uso de métodos diferentes de avaliação de usabilidade para explorar os pontos fortes e fracos dos métodos usados na atualidade. Foram escolhidos métodos de avaliação de caráter qualitativo principalmente. A técnica usada para explorar os métodos de avaliação foi a triangulação de métodos.

O princípio é coletar dados sobre o mesmo fenômeno por meio de diferentes métodos. Se as mesmas conclusões podem ser obtidas usando métodos diferentes, pode-se concluir que nenhuma peculiaridade do método ou fonte produziu a conclusão e confiança na validade do resultado é

maior. Os métodos utilizados no estudo foram: estudo da literatura, entrevista com expertos e testes empíricos de métodos de usabilidade selecionados.

No estudo da literatura, foram selecionados vários métodos representativos dos principais tipos de avaliação de usabilidade (inspeção, testes e investigação). As entrevistas formais foram direcionadas para especialistas em mobilidade e usabilidade. Para o estudo empírico, foram selecionados três métodos de avaliação: medida de performance, descobrimento conjunto e percurso pluralístico.

Foram elaboradas três tarefas diferentes para serem executadas em PDAs, que foram efetuadas em todos os testes. Foram realizadas também entrevistas com expertos via e-mail. O objetivo foi contrabalançar a falta de experiência dos pesquisadores com a opinião de especialistas em usabilidade e mobilidade.

Como constatado no estudo, o laboratório se mostrou inadequado para testar dispositivos móveis: o tamanho do dispositivo dificulta focalizar o que o usuário faz e evitar reflexos produzidos pela iluminação no laboratório. A coleta de dados foi prejudicada por tais limitações, o que forçou impor aos usuários que ficassem imóveis em uma dada posição, para que o uso pudesse ser filmado, desvirtuando assim, contexto de uso pretendido. Além disso, os usuários liam as instruções para realizar as tarefas, o que também não corresponde a condições reais de uso.

Pode-ser realizar uma dada tarefa sem problemas em um ambiente controlado, mas isto pouco diz sobre como a tarefa seria realizada se o usuário estivesse sujeito a diversas variáveis enquanto em trânsito.

Conclui-se, assim, que o objetivo da usabilidade tradicional, de aumentar a facilidade de aprender, a eficiência, a facilidade de relembrar, diminuir erros e aumentar satisfação permanece o mesmo, mas precisam ser aplicados a métodos novos ou modificados para sistemas móveis. Alguns dos métodos descritos não poderiam ser usados para avaliação em ambientes abertos. As ferramentas para coleta de dados precisam ser revistas. A necessidade de testar em contexto de

uso real faz com que se perca em rigor (menor controle sobre o experimento), mas é um custo justificável pela relevância de se testar em condições realistas.

5.3 Considerações Finais

Neste capítulo, consideramos os fundamentos da avaliação de usabilidade, explorando algumas definições, conceitos e métodos tradicionais necessários para contextualizar a avaliação de usabilidade de sistemas móveis.

Identificamos que cada método de avaliação possui limitações a serem consideradas em sua aplicação para avaliar sistemas móveis:

- os de **inspeção**, embora sejam simples e não tenham problemas de coleta de dados, não capturam diretamente o contexto;
- os de **teste**, a despeito de coletarem dados e controlarem o experimento com facilidade, também não são capazes de lidar adequadamente com o contexto variável;
- os de **investigação**, embora muitos sejam baseados na observação dos usuários em seu contexto de uso, têm problemas para capturar dados, pois é difícil controlar o experimento em contexto variável.

Os métodos usados atualmente para avaliação de sistemas móveis são aplicações diretas dos métodos tradicionais, adaptações ou uso combinado de métodos tradicionais e /ou adaptados. A literatura sugere que :

- a extensão em que conceitos e técnicas tradicionais permanecem válidos na avaliação de sistemas móveis está sendo delimitada;
- a evolução dos métodos de avaliação, a fim de acomodar a avaliação de sistemas móveis, se dá a partir da adaptação, em que se busca lidar com as limitações já discutidas para cada tipo de método.

No próximo capítulo, serão sumarizados os principais tópicos tratados neste trabalho, apresentadas suas principais contribuições bem como discutidas algumas limitações.

Capítulo 6 - Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho tem sua motivação na busca por contribuir para uma melhor experiência para o usuário, em um cotidiano permeado por dispositivos móveis. Esta busca se materializa na exploração de estratégias para tornar a interface com o usuário de sistemas móveis usáveis e úteis, de modo a potencializar os benefícios oferecidos pela tecnologia que sustenta a mobilidade.

Partimos de fundamentos que revelaram a natureza social, humana e tecnológica da mobilidade, o que nos permitiu identificar tanto suas dimensões (espacial, temporal e contextual) quanto as relações que este paradigma pode estabelecer entre dispositivos e pessoas. Verificamos ainda aspectos tecnológicos relacionados à mobilidade, o que permitiu identificar as restrições derivadas da portabilidade e da conectividade, que caracterizam a computação móvel. Estes fatores são determinantes para engenharia da usabilidade de sistemas móveis. Adicionalmente, exploramos o paradigma da computação cotidiana que coloca em perspectiva a computação ubíqua no dia-a-dia do homem comum e questões que podem auxiliar, tanto na compreensão do papel desta tecnologia na vida das pessoas, quanto dos desafios impostos à área de Interfaces Humano-Computador.

Caminhamos pelo estado da arte e da prática da usabilidade em uma perspectiva evolutiva, considerando os fundamentos da usabilidade tradicional e usabilidade de sistemas móveis. Os fundamentos sugerem que, se há um processo definido de engenharia do produto de software responsável por garantir os requisitos de qualidade internos do produto, deve haver igualmente um processo definido de engenharia de usabilidade que garanta o compromisso com os requisitos externos de qualidade do produto, o que só é possível em um processo em que estas disciplinas de engenharia estejam integradas. No que diz respeito à usabilidade de sistemas móveis, identifica-se aplicações para Internet móvel como principal objeto de uso e, conseqüentemente, de pesquisas, e que os esforços identificados na proposição de princípios básicos e de *guidelines*, ainda não alcançaram maturidade que permita identificar com clareza soluções de *design* para estes sistemas, embora seja possível verificar o quão fortemente as restrições que caracterizam a computação móvel motivam *guidelines* propostas até o momento.

Colocar o foco em PDAs permitiu explorá-lo através de uma visão histórica e considerar mais de perto diversas questões compartilhadas por outros tipos de dispositivos móveis, como considerações sobre o *design* da interface com o usuário. Verificamos, por meio dos vários exemplos de aplicações para estes dispositivos, que os mesmos podem dar suporte a várias áreas do conhecimento e atividades humanas, das mais corriqueiras às mais complexas. Como o PDA privilegia a portabilidade de recursos computacionais, a influência de alguns aspectos relacionados com a conectividade (como confiabilidade e cobertura dos serviços de rede) foram pouco discutidos, embora a questão do contexto esteja sempre presente. Deste modo, ao identificarmos problemas que afetam a usabilidade, a saída e entrada de dados dominaram a análise, uma vez que detêm os aspectos que mais influenciam os fatores humanos e, portanto, causam maior impacto na experiência de uso. Em suma, os principais problemas detectados relacionam-se à necessidade de adaptação ao contexto de uso, tamanho da tela e os meios ainda precários de entrada de dados.

No último capítulo, colocamos em destaque a etapa considerada mais importante da engenharia de usabilidade, a avaliação, que, idealmente, deve permear todo o ciclo de desenvolvimento do produto. O objetivo foi oferecer um panorama da área, apresentando os tipos de métodos existentes e os mais usados para avaliação, além de explorar alguns deles em detalhes. Discutimos questões importantes relacionadas à avaliação, tanto inerentes ao processo de avaliação quanto aos métodos, para nos concentrarmos, em seguida, na avaliação de sistemas móveis. Foram encontradas experiências de aplicação de métodos de inspeção, métodos de teste e métodos de investigação. Em todos os casos, experimentos que buscavam alguma forma de adaptação em relação à abordagem tradicional para atender as especificidades de sistemas móveis predominaram. Mais precisamente, houve um predomínio da busca por determinar que adaptações seriam necessárias em relação às abordagens tradicionais. Alguns estudos não revelaram diferenças significativas entre a abordagem tradicional e as adaptações experimentadas; outros sugerem que a abordagem tradicional pode ser satisfatória. Em outras palavras, a avaliação de usabilidade de sistemas móveis ainda busca soluções. Está experimentando adaptações e abordagens novas, com um predomínio ainda de técnicas tradicionais.

Por meio deste estudo, constatamos que a mobilidade introduz muitas variáveis a considerar em diversos aspectos relevantes à área de interface humano-computador e à usabilidade em particular. O usuário móvel precisa ser analisado à luz de novos modelos conceituais e expectativas, o que torna mais forte a necessidade de investir na análise de usuários e suas tarefas, no projeto da interação. O *design* de interfaces para sistemas móveis pede modelos conceituais simples e abordagens de desenvolvimento capazes de acomodar as necessidades do usuário e as características do dispositivo alvo de maneira mais direta e em ritmo compatível com as demandas do mercado.

Os modelos utilizados até então nas diversas etapas da engenharia da usabilidade ainda falham em prover ferramentas adequadas para tratar a necessidade de adaptação a esta diversidade de usuários, dispositivos e contexto; ainda estamos longe de termos abordagens consistentes para lidar com as restrições impostas pela portabilidade e conectividade. Entretanto, a engenharia de usabilidade para dispositivos móveis apresenta características próprias de uma área em estágio inicial de desenvolvimento em que predomina ainda a busca de caminhos. Eles passam hoje predominantemente pela adaptação de métodos tradicionais, mas há também exploração de abordagens novas. Com o amadurecimento da pesquisa as abordagens consistentes surgirão e serão consolidadas, rumo a proporcionar uma melhor experiência para o usuário.

6.1 Limitações e Trabalhos Futuros

Este trabalho se propôs a atingir o objetivo de investigar problemas de usabilidade em aplicações desenvolvidas para dispositivos móveis, concentrando-nos na usabilidade de aplicações desenvolvidas para *PDA*s, explorando:

- suas características (de forma geral nos **Capítulos 1 e 2** e mais específica no **Capítulo 4**) ;
- cenários, contextos e propósitos de uso (**Capítulo 4**);
- as dificuldades encontradas por usuários finais destes dispositivos (de maneira mais indireta nos **Capítulos 3 e 5** e de forma objetiva no **Capítulo 4**) ;
- as dificuldades encontradas por profissionais envolvidos tanto no projeto quanto na avaliação de sua usabilidade (**Capítulo 5**).

A intenção foi contribuir para a análise das dificuldades introduzidas pelo paradigma móvel na avaliação de usabilidade de aplicações para dispositivos móveis, o que foi alcançado com o presente estudo.

Neste trabalho privilegiou-se a abrangência como abordagem, para que fosse possível explorar o máximo de aspectos possíveis e eleger os mais relevantes. Assim, procuramos estudar a usabilidade numa perspectiva que começasse pelos fundamentos originais e chegasse até a usabilidade de sistemas móveis, o que fez com que algumas questões não fossem discutidas com a profundidade adequada (como a questão da conectividade), conforme colocado na seção anterior.

Apesar de termos pesquisado algumas referências ([Donahue+99], [Duda+01], [Marcus02]), não fez parte do escopo deste trabalho falar de custos ou retorno de investimento no que diz respeito a usabilidade em sistemas móveis. É de suma importância que este tema seja tratado em um trabalho futuro, pois a popularização de práticas de engenharia da usabilidade no desenvolvimento de software passa por demonstrar ao mercado o quanto a “usabilidade é um bom negócio” [Donahue+99].

A revisão do estado da arte é o primeiro passo no processo de identificação de problemas e busca de soluções em qualquer área do conhecimento. Conforme dissemos, este estudo deve ser complementado por práticas como estudos de caso e testes empíricos, para que seja possível fazer uma análise crítica mais consistente e validar ou não as várias proposições encontradas na literatura, no que diz respeito a abordagens para solucionar problemas no *design* e na avaliação da interface de sistemas móveis.

A contribuição deste trabalho é prover um panorama dos caminhos percorridos até então pela pesquisa da usabilidade móvel, oferecendo vários pontos de partida para validar propostas de solução ou desenvolver soluções novas para questões como análise do usuário, de tarefas, *design* do produto e da interação para dispositivos móveis, num mundo que caminha a passos largos para computação ubíqua e pervasiva.

Referências

- [Abowd+00] ABOWD, G.D., MYNATT, E.D. **Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing**. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 7, pp. 29-58, Mar. 2000.
- [Abowd+97] ABOWD, G. D. et al. **Cyberguide: A Mobile Context-aware Tour Guide**. ACM Wireless Networks, 3:421-433, 1997.
- [Alexander+04] ALEXANDER, G.; HAUSER, S.; STEELY, K.; FORD, G.; DEMNER, D. **A Usability Study of the PubMed on Tap User Interface for PDAs**, In Proceedings of the 11th World Congress on Medical Informatics, September, 2004.
- [American] DICIONÁRIO da Língua Inglesa **The AMERICAN Heritage On Line**, 2000. Disponível em: <<http://www.yourdictionary.com/index.shtml>>
- [Andre+01] ANDRE, T. S.; HARTSON, H. R.; BELZ, S. M.; MCCREARY, F. A. **The User Action Framework: A Reliable Foundation for Usability Engineering Support Tools**. In International Journal of Human-Computer Studies, 54 (1) pp. 107-136, 2001.
- [Avouris01] AVOURIS, N. M. **An Introduction to Software Usability**. In: Workshop on Software Usability. University of Patras, Greece, 2001.
- [Beck+03] BECK E., CHRISTIANSEN M., KJELDSKOV J. KOLBE N. & STAGE J. **Experimental Evaluation of Techniques for Usability Testing of Mobile Systems in a Laboratory Setting**. In Proceedings of OzCHI 2003, Brisbane, Australia, CHISIG, pp. 106-115, 2003.
- [Bevan95] BEVAN, N. **Usability is Quality of Use**. In Proceedings of the HCII 1995 International Conference on Human Computer Interaction, pp.349-354, 1995.
- [Bevan98] BEVAN, N. **Usability Issues in Web Site Design** Version 3. In Proceedings of UPA'98, Washigton DC, 22-26, June, 1998.
- [Billsus+00] BILLSUS, D., & PAZZANI, M. J. **A Learning Agent for Wireless News Access**. In International Conference on Intelligent User Interfaces, New Orleans, LA. January, 2000.
- [Black+97] BLACK, R. & ELDER, S. **Web Sites que Funcionam**. São Paulo, Quark Editora, 1997.
- [Buchanan+01] BUCHANAN, G., FARRANT, S., JONES, M., MARSDEN, G., PAZZANI, M. & THIMBLEBY, H. **Improving Mobile Internet Usability**. In Proceedings of the Tenth International World Wide Web Conference, Hong Kong, May 2001.
- [Burke+01] BURKE, J. & KIRK, A. **Ethnographic Methods**, University of Maryland, October, 2001, USA.
Disponível em: < <http://www.otal.umd.edu/hci-rm/ethno.html> >. Acesso em: 16 abr. 2005.

- [Buyukkokten+00] BUYUKKOKTEN, O. et al. **Power Browser: Efficient Web Browsing for PDAs**. In: Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 00), ACM Press, New York, pp. 430-437, 2000.
- [Carmien02] CARMEN, S. **MAPS: PDA Scaffolding for Independence for Persons with Cognitive Impairments**. In: Human Computer Interaction Consortium (Pervasive Communication Access: Availability and its Consequences), Winter Park, Colorado, USA, 2002.
- [Carvalho04] CARVALHO, T. C. M. B. **E a Computação em Todo Lugar Durante Todo o tempo** – IT Web, 21/01/2004 – Brasil. Disponível em:<http://www.itweb.com.br/solutions/automacao/trabalho_remoto/artigo.asp?id=46493>. Acesso em: 26 set. 2004
- [Chae+00] CHAE, M. KIM, H.; CHOI, Y.; KIM L. J.: **Context-dependent Usability: Results from a Monitoring Study of Mobile Internet Users**, Yonsei University, 2000.
- [Chae+03a] CHAE, M. & KIM, J. **What's So Different About the Mobile Internet?** Communications of ACM, 46(12), 2003.
- [Chae+03b] CHAE, M. & KIM, J. **An Empirical Study on the Breadth/Depth Tradeoffs in Very Small Screens: Focusing on Mobile Internet Phones**, In Proceedings of 2003 Americas Conference on Information Systems (AMCIS), 2003.
- [Chae+04] CHAE, M. AND KIM, J.: **Do Size and Structure Matter to Mobile Users? An empirical study of the effects of screen size, information structure, and task complexity on user activities with standard web phones**, In Behaviour & Information Technology, 23(3), pp.165-181, 2004.
- [Chan,S+02] CHAN, S., FANG, X., BRZEZINSKI, J., ZHOU, Y., XU, S., LAM, J. **Usability for mobile commerce across multiple form factors**. Journal of Electronic Commerce Research 3 (2), pp.187-199, 2002.
- [Chan,T+02] CHAN, T., & SHARPLES, M.: **A concept mapping tool for pocket pc computers**. In: M.Milrad, U. Hoppe & Kinshuk (Eds.), IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (pp. 163-166). Vaxjo, Sweden: IEEE Computer Society Press, 2002.
- [Charm01] CHARM, **Choosing Human-Computer Interaction (HCI) Appropriate Research Methods**. Online Teaching and Learning, Office of Information Technology, University of Maryland, 2001. Disponível em: < <http://www.otal.umd.edu/hci-rm/index.html> >
- [Chi+01] CHI, E.H., PIROLI, P., CHEN, K., & PITKOW, J. **Using information scent to model user information needs and actions on the Web**. In: Proc. Of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2001,pp. 490-497, Seattle, WA, 2001.

- [Cockburn+01] COCKBURN, A. & MCKENZIE, B. **What do web users do? An empirical analysis of web use.** Int. J. Human-Computer Studies, 54, 9003–922, 2001.
- [Constantine95] CONSTANTINE, L. **What do users want? Engineering usability into software.** Windows Tech Journal, 4 (12), pp. 30-39, December 1995.
- [Conyer95] CONYER, M. **User and usability testing – how it should be undertaken?** In Australian Journal of Educational Technology, 11(2), 38-51, 1995.
Disponível em: < <http://www.ascilite.org.au/ajet/ajet11/conyer.html> >
Acesso em:19 jun. 2005
- [Czerwinski+01] CZERWINSKI, M., E. HORVITZ, et al. **Subjective Duration Assessment: An Implicit Probe for Software Usability.** Proceedings of IHM-HCI, Lille, France, 2001.
- [Donahue+99] DONAHUE, G. M., WEINSCHENK, DR. S., & NOWICKI, J. **Usability is good business**, 1999. Disponível em:
<http://interface.free.fr/Archives/Usability_Is_Good_Business.pdf>
Acesso em: 12 out. 2004
- [Duda+01] DUDA, S.; SCHIEßL, M.; & HESS, J. M. **Mobile Usability Report. Fit Service to User to Device & Reduce to the Max!** Göttingen, Germany: Business-Village, 2001
- [Ferré+01] FERRÉ, X.; JURISTO, N.; WINDL, H.; CONSTANTINE, L. **Usability Basics for Software Developers.** IEEE SOFTWARE January / February, 2001.
- [Fithian+03] FITHIAN, R.; IACHELLO, G.; MOGHAZY, J.; POUSMAN, Z. & STASKO, J. **The design and evaluation of a mobile location-aware handheld event planner.** In Proceedings of the 5th International Symposium on Mobile HCI, pp. 145-160, Udine, Italy, September 2003.
- [Fitzpatrick99] FITZPATRICK, R. **Strategies for Evaluating Software Usability**, Department of Mathematics, Statistics and Computer Science, Dublin Institute of Technology, 1999.
- [Gabbard+03] GABBARD, J. L.; HIX, D.; SWAN, J. E.; LIVINGSTON, M. A.; HÖLLERER, T. H.; JULIER S. J.; BROWN, D.; BAILLOT, Y.: **Usability Engineering for Complex Interactive Systems Development.** In Proceedings of Human Systems Integration Symposium 2003, Engineering for Usability, Vienna, VA, June 23–25, 2003.
- [Gessler+94] GESSLER, S. & KOTULLA, A.: **PDA's as Mobile WWW Browsers.** In Computer Networks and ISDN Systems 28 (1995), Special Issue on the 2nd Intl. World-Wide Web Conference, Chicago, USA, Oct. pp. 53-59, 1994.

- [Gessler+95] GESSLER, S.; MÜHLHÄUSER¹, M.; & KOTULLA, A.: **WWW/Newton: Mobile Computing for the Internet** (1995) In: ED-MEDIA 95 (World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia), Graz, Austria, June 1995.
- [Gould+85] GOULD, J.D. & LEWIS, C. H. **Designing for Usability: key principles and what designers think**. Communications of the ACM, 28[3], p. 300-311, 1985.
- [Granja+98] GRANJA, I.; OROSZ, J. e PICARELL, J. E. **CSCW – Computer Suported Cooperative Work**. 1998. Relatório – Unicamp, Campinas. Disponível em <http://www.dca.fee.unicamp.br/courses/IA368F/1s1998/Cscw/revisa_o.html>. Acesso em: 12 out. 2004
- [Greene+03] GREENE, S. & FINNEGAN, J. **Usability of mobile devices and intelligently adapting to a user's needs**, In Proceedings of the 1st international symposium on Information and communication technologies, September 24-26, Dublin, Ireland, 2003.
- [Hassenzahl+01] HASSENZAHL, M.; BURMESTER, M. & KOLLER, F.: **Usability Engineering: quality doesn't happen by accident**. In Proceedings of the International Status Conference of the Lead Projects Human-Computer Interaction, Saarbrücken, Germany, p. 99-103, 2001.
- [Hefley+94] HEFLEY, W. E.; BUIE, E. A.; LYNCH, G. F.; MULLER, M. J.; HOECKER, D. G.; CARTER, J. & ROTH, J. T.: **Integrating Human Factors with Software Engineering Practices**. In: Proceeding of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting, Pgs. 315-319, 1994.
- [Herstad+99] HERSTAD, J., THANH, D. V. **Tailor to Fit It**, the twenty-second Information systems Research seminar In Scandinavia, (IRIS 99), , Keuruu, Finland, August 7-11, 1999.
- [Hix+93] HIX, D. & HARTSON, H.R. **Developing user interfaces: ensuring usability through product and process**. New York: John Wiley, 1993.
- [Hübscher-Younger+01] HÜBSCHER-YOUNGER, T., HÜBSCHER, R. & CHAPMAN, R. **An Experimental Comparison of Two Popular PDA User Interfaces**. Technical Report CSSE01-17, Department of Computer Science and Software Engineering, Auburn University, Auburn, 2001
- [Iso13407] ISO – International Organization for Standardization. **ISO/DIS 13407**- Human-centred design processes for interactive systems. Genève, Switzerland, 1997.
- [Iso14598] ISO – International Organization for Standardization. **ISO/IEC 14598-1:1999** – Information technology – Software product evaluation – Part 1: General overview, 1999.
- [Iso9126] ISO – International Organization for Standardization. **ISO/IEC 9126** Information Technology – Software product quality, Part 1: Quality model, June 1998.

- [Iso9241] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9241-11: Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores – Parte 11: Orientações sobre Usabilidade.** Rio de Janeiro, 2000.
- [Jameson02] JAMESON, A. **Usability Issues and Methods for Mobile Multimodal Systems** - In Proceedings of the ISCA Tutorial and Research Workshop on Multi-Modal Dialogue in Mobile Environments, Kloster Irsee, Germany, 17-19 June 2002.
- [Johnson98] JOHNSON, P. **Usability and Mobility: Interactions on the move.** In Proceedings of the First Workshop on Human Computer Interaction With Mobile Devices, May 1998.
- [Kakihara+02] KAKIHARA, M. & SØRENSEN, C. **Mobility: an Extended Perspective.** In Proceedings of the 35 th Hawaii International Conference of System Sciences, Big Island, IEEE Computer Society Press, U.S, January, 2002.
- [Kapor96] KAPOR, M. **A Software Design Manifesto** In M. WINOGRAD, T. **Bringing Design to Software**, Addison-Wesley, 1996 Disponível em < <http://hci.stanford.edu/bds/1-kapor.html>>. Acesso em: 21 nov. 2004
- [Karvonen00a] KARVONEN, K. **Experimenting with Metaphors for All: A User Interface for a Mobile Electronic Payment Device.** In Proceedings of 6th ERCIM Workshop “User Interfaces for All” (UI 4 All), 25-26, Convitto della Calza, Florence, Italy, pp. 183-188, October, 2000.
- [Karvonen00b] KARVONEN, K. **The Beauty of Simplicity.** In Proceedings of the ACM Conference on Universal Usability, Washington DC, 2000.
- [Ketola+01] KETOLA, P.& ROYKKEE, M. **Three Facets of Usability in Mobile Handsets**, In CHI 2001, Workshop, Mobile Communications: Understanding Users, Adoption & Design Sunday and Monday, April 1-2, 2001 Seattle, Washington. ACM (2001)
- [Kim+02] KIM, H., KIM, J., LEE, Y., CHAE, M. & CHOI, Y. **An Empirical Study of the Use Contexts and Usability Problems in Mobile Internet.** In *Proc. The 35th Hawaii International Conference on Systems Sciences (HICSS’02)*, Hawaii, January, 2002.
- [Kim01] KIM, J. **Analyzing Mobile Internet Users: Results from a Monitoring Study, an Experiment, and a Survey Study.** In *CHI 2002 Workshop–Mobile Communications: Understanding Users, Adoption and Design*, April 2001.
- [Kjeldskov+03] KJELDSKOV, J. & SKOV, M. B. **Evaluating the Usability of Mobile Systems: Exploring Different Laboratory Approaches.** In Proceedings of the 10th Conference on Human-Computer Interaction, Lawrence-Erlbaum Associates, pp. 123 – 127, 2003
- [Krug01] KRUG, S. **Não me Faça Pensar – Uma abordagem do bom senso à navegabilidade da Web** - São Paulo: Market Books, 2001.

- [Kujala+00] KUJALA, S. & MÄNTYLÄ, M. **Studying Users for Developing Usable and Useful Products**. In 1st Nordic Conference on Computer-Human Interaction, Stockholm, STIMDI the Swedish Interdisciplinary Interest Group for Human Computer Interaction, pp. 1-11, 23-25 October. 2000.
- [Lautenbach+99] LAUTENBACH, M.; SCHEGGET, I; SCHOUTE, A. & WITTEMAN, C.L.M. (1999). **Evaluating the usability of web pages: a case study**. Artificial Intelligence Preprint no. 011, Utrecht University
- [Lee+00] LEE, H.; SMEATON, A. F.; MURPHY, N.; O'CONNOR, N. & MARLOW, S.: **Físchlár on a PDA: Handheld User Interface Design to a Video Indexing, Browsing and Playback System** In Proceedings of the 6th ERCIM Workshop "User Interfaces For All", Florence, Italy, 2000.
- [Lemos04] LEMOS, A.: **Cibercultura e a Mobilidade: a Era da Conexão – Razón Y Palabra**, nº 41 Out. – Nov., 2004 . Disponível em < <http://www.cem.itesm.mx/dacs/publicaciones/logos/actual/alemos.htm>>. Acesso em 15 nov. 2004
- [Lim+03] LIM, Y. & SATO, K. **Scenarios for Usability Evaluation: Using Design Information Framework (DIF) and a Task Analysis Approach**. Proceedings of the 15th Triennial Congress International Ergonomics Association, Seoul, Korea, August, 2003
- [Lindroth+01a] LINDROTH, T. & NILSSON, S. **Contextual Usability: Rigour Meets Relevance When Usability Goes Mobile**. ECIS Doctoral Consortium, Bled, Slovenia, 24-26 June, 2001.
- [Lindroth+01b] LINDROTH, T., NILSSON, S., RASMUSSEN, P., **Mobile Usability – Rigour meets relevance when usability goes mobile**, In *Proceedings of IRIS24*, Ulvik, Norway, Aug 2001
- [Macleod94] MACLEOD, M.: **Usability in Context: Improving Quality of Use**, In Proceedings of 4th International Symposium on Human Factors in Organizational Design and Management, Stockholm, Elsevier. June 1994.
- [Marcus02] MARCUS, A. **Return of Investment for Usable User Interface Design: Examples and Statistics**. New York, 2002. Disponível em; http://www.amanda.com/resources/ROI/AMA_ROIWhitePaper_28Feb02.pdf Acesso em 12set 2005
- [Menkhaus+01] MENKHAUS, G. & PREE, W. **User Interface Tailoring for Multi-Platform Service Access**. In Proceedings of International Conference on Intelligent User Interfaces: IUI 2002. San Francisco, CA. pp. 208-209, January 13-16, 2002.
- [Muller+98] MULLER, M. J.; MATHESON, L.; PAGE, C.; GALLUP, R. **Methods & Tools: Participatory Heuristic Evaluation**. In *Interactions*, 5 (5) p. 13-18, 1998.
- [Müller03] MÜLLER, M.: **Emotional Usability**. 2003. Disponível em: < <http://www.bright.dk/e-emousability.html> > Acesso em: 20 nov. 2004

- [Newman+95] NEWMAN, W. M. & LAMMING, M. G., **Interactive System Design**, Addison Wesley, New York, NY, 1995.
- [Nielsen00] NIELSEN, J. **Projetando Websites – Designing Web Usability**, Campus Editora, 2000.
- [Nielsen03] NIELSEN, J. **Mobile Devices: One Generation From Useful** - In: *Alertbox – Current Issues in Web Usability*. Disponível em : <www.useit.com/alertbox/> Agosto, 2003. Acesso em: 15 jul. 2004
- [Nielsen93] NIELSEN, J. **Usability Engineering**. Academic Press, 1993
- [Nielsen94] NIELSEN, J., **Enhancing the explanatory power of usability heuristics**, CHI'94 Conference Proceedings, 1994.
- [Norman86] NORMAN, D. A. **Cognitive engineering**. In D. A. NORMAN & S. W. DRAPER, Eds. ; *ser Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction*, pp. 31}61. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1986.
- [Nyberg+01] NYBERG, M., BJÖRK, S., GOLDSTEIN, M., & REDSTRÖM, J. **Handheld Applications Design: Merging Information Appliances Without Affecting Usability**. Paper at Interact_2001, IFIP TC.13 Conference on Human-Computer Interaction, Tokyo, Japan July 9-13, 2001.
- [Oinas-Kukkonen+03] OINAS-KUKKONEN, H. & KURKELA, V. (2003), **Developing Successful Mobile Applications**. In International Conference on Computer Science and Technology (IASTED) p. 50-54. Cancun, México, May 19-21, 2003.
- [Olsen+99] OLSEN, J. & ERSTAD, J.: **Attention all mobile users!**, the twenty-second Information systems Research seminar In Scandinavia, (IRIS 99) Keuruu, Finland, August 7-11, 1999.
- [Olsson00] OLSSON, C. **The usability concept re-considered: A need for new ways of measuring real web use**. In: Proceedings of IRIS23, Laboratorium for Interaction Technology, Uddevalla, Sweden, 2000.
- [PCtechguide] The PC Technology Guide, 2004. Disponível em <<http://www.pctechguide.com/>>. Acesso em: 27 mar. 2005.
- [Perry+01] PERRY, M.; O'HARA, K.; SELLEN, A.; BROWN, B. & HARPER, R.: **Dealing with mobility: Understanding access anytime, anywhere**. ACM Transactions on Human-Computer Interactions 8, No. 4, pp. 323–347, 2001.
- [Priberam] DICIONÁRIO da língua portuguesa. Lisboa: Priberam Informática, 1998. Disponível em : <<http://www.priberam.com/dlpo/dlpo.aspx>>.
- [Ramsay+00] RAMSAY, M. & NIELSEN, J. **WAP Usability, Déjà vu: 1994 All Over Again**, Nielsen Norman Group Report, December 2000.

- [Rangone+02] RANGONE, A.; RENGA, F., BALOCCO, R. **Mobile internet: an empirical study of the evolution of the supply of B2C mobile internet applications in Italy**. First international conference on mobile business, Athens, Greece, 2002.
- [Rocha+03] ROCHA, H. V. & BARANAUSKAS, M. C. C. **Design e avaliação de Interfaces Humano-Computador**. Campinas, SP: NIED /UNICAMP, 2003.
- [Roden+98] RODEN, T; CHERVEST,K. & DAVIES, N. **Exploiting Context in HCI Design for Mobile Systems**. In Proceedings of the First Workshop on Human Computer Interaction With Mobile Devices, May 1998.
- [Roibás03] ROIBÁS, A. C.: **The users' perspective of context-dependent systems**. 2003. Disponível em: < <http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/26993/http:zSzzSzwww.ssgrr.itzSzenzSzssgrr2003wzSzpaperszSz4.pdf/the-users-perspective-of.pdf> > Acesso em: 10 out. 2004
- [Satyanarayanan97] SATYANARAYANAN, M.: **Fundamental Challenges in Mobile Computing**, In Proc. ACM SigMobile, 1, 1, pp. 1-7, April 1997.
- [Schilit+94] SCHILIT, B.; ADAMS, N. & WANT, R. **Context-Aware Computing Applications**. In Proceedings of the Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pages 85-90, Santa Cruz, CA, Dec. 1994.
- [Schmidt+98] SCHMIDT, A.; BEIGL, M. and GELLERSEN, H.W. **There is more to context than location**. In Workshop on Interactive Applications of Mobile Computing IMC'98, 1998.
- [Scholtz+98] SCHOLTZ, J., LASKOWSKI, S. & DOWNEY, L.: **Developing Usability Tools and Techniques for Designing and Testing Web Sites**. 4th Annual Human Factors and the Web Conference, ATT, NJ., June 5, 1998.
- [Thevenin+99] THEVENIN, D. & COUTAZ, J. **Adaptation and Plasticity of User Interfaces**. In Workshop on Adaptive Design of Interactive Multimedia Presentations for Mobile Users, 1999.
- [UsabilityFirst] GUIA de Usabilidade On-line. Ann Arbor: Diamond Bullet Design, 2004. Disponível em: < <http://www.usabilityfirst.com/> >.
- [UsabilityNet] GUIA de Usabilidade para Praticantes e Gerentes, União Européia, 2003. Disponível em : < <http://www.usabilitynet.org/> >.
- [Veja04] VEJA. Natal Digital. São Paulo: n. 37, dez. 2004. 86 p. Edição Especial.
- [Vetere+03] VETERE, F., HOWARD, S., PEDELL, S., BALBO, S. **Walking Through Mobile Use: Novel Heuristics and their Application**. In: Proceedings of OZCHI2003 conference, Brisbane (Australia), November 2003.

- [Waterson+02] WATERSON, S., MATTHEWS, T. & LANDAY, J. A. **In the Lab and Out in the Wild: Remote Web Usability Testing for Mobile Devices**. In Proceedings of ACM CHI 2002 Conference on Human Factors in Computing Systems. Minneapolis, MN, April 2002.
- [Weiser96] WEISER, Mark – **Ubiquitous Computing**, 1996
Disponível em
<<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>>
Acesso em: 25 out. 2004.
- [Whitefield+91] WHITEFIELD, A., WILSON, F. & DOWELL, J. **A framework for human factors evaluation**, Behaviour and Information Technology, Taylor & Francis Ltd, Basingstoke, UK, Vol. 10(1), pp. 65-79, 1991
- [Wikipedia] WIKIPEDIA, The Free Encyclopedia – English Edition.
Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page>.
- [Wixon+02] WIXON, D. R.; RAMEY, J.; HOLTZBLATT, K.; BEYER, H.; HACKOS, J.; ROSENBAUM, S.; PAGE, C.; LAAKSO, S. A. & LAAKSO, K.-P. **Usability in practice: field methods evolution and revolution**. In ACM (Ed.), Conference on Human Factors and Computing Systems (pp. 880 - 884). Minneapolis, Minnesota, USA, 2002.
- [Wood04] Wood, D. **Wide Commercial Adoption of improvements in Mobile HCI**. Presentation from Mobile Human-Computer Interaction Mobile HCI 2004, 6th International Symposium, Glasgow, UK, September 13-16, 2004. Disponível em:
<<http://www.cis.strath.ac.uk/%7Emdd/mobilehci04/slides/>>.
Acesso em: 21 mar. 2005.
- [Xie03] XIE, M. **Usability Design for Mobile Internet**. Universidade de Ottawa, Ottawa, Canadá, 2003 Disponível em:
<<http://www.site.uottawa.ca/~mxie/academic/bak/MobileUsability.pdf>>
> Acesso em 12 fev. 2005.
- [Zaphiris+01b] ZAPHIRIS, P. (chair); NOIWAN, J.; KURNIAWAN, S.H. & KAROULIS, A. (2001). **Panel on Special Topics of Web Usability**. In: Proceedings of WebNet 2001 Conference, October 23-27. Orlando, FL, 2001.
- [Zhang+00a] ZHANG, P., VON DRAN, G.M., BLAKE, P. & PIPITHSUKSUNT, V. (2000): **A Comparison of the Most Important Website Features in Different Domains: An Empirical Study of user Perceptions**. In: Proceedings of the Americas Conference on Information Systems, Long Beach, CA, Omnipress, pp. 1367-1372, August 10-13, 2000.
- [Zhang+00b] ZHANG, P. & VON DRAN, G.M.: **Satisfiers and Dissatisfiers: a Two-Factor Model for Website Design and Evaluation**. Journal of American Society for Information Science (JASIS), vol. 51, issue 14, 1253-1268, December, 2000.
- [Zhang+01] ZHANG, P. & VON DRAN, G.M.: **Expectations and Rankings of Website Quality Features: Results of Two Studies on User Perceptions**. In Proceedings of the Thirty-Fourth Annual Hawai' I International Conference on System Sciences, Maui, HI, IEEE Computer Society Press, January 3-6, 2001.

[Zhang+99]

ZHANG, P.; VON DRAN, G.M.; SMALL, R.V.; & BARCELLOS, S.
**Websites that Satisfy Users: A Theoretical Framework for Web
User Interface Design and Evaluation.** In Proceedings of the
American Society for Information Science, New York, 1999.