

2

Ubiquidade computacional

2.1

Tecnologias que desaparecem

As tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Entrelaçam-se no tecido da vida cotidiana, até tornarem-se indistinguíveis dele. (WEISER, 1991, tradução minha)²⁸.

É curioso reparar o quanto somos dependentes de tecnologias que normalmente passam despercebidas em nosso dia-a-dia. Muitas vezes consideramos como ordinário algo que na verdade encerra uma complexidade considerável.

A água encanada é um exemplo desse tipo de tecnologia, que de tão difundida e elaborada, passou a ser quase imperceptível. Não é que os efeitos do uso dessa tecnologia não sejam percebidos; na verdade, o que ignoramos é o grau de complexidade e de elaboração tecnológica que está por trás de algo tão simples quanto abrir uma torneira em uma parede e ter como resposta um jato de água sobre a cabeça. No entanto, é provável que poucas pessoas tenham qualquer conhecimento sobre como funcionam os diversos componentes hidráulicos embutidos nas paredes de suas casas, a extensão e complexidade do sistema que abastece cisternas e reservatórios, o que são estações elevatórias, os caminhos que a água faz para chegar em nossas casas e o destino que tem ao sair. Para a maioria das pessoas, o que se conhece é a torneira, que ao girar, nos dá água para diversos fins.

Outra tecnologia que utilizamos corriqueiramente, talvez até de forma mais intensa e ainda assim quase inconscientemente, é a eletricidade. A quantidade de aparelhos elétricos em nossas casas é imensa, o que não significa que precisamos ter um conhecimento aprofundado sobre como funciona essa tecnologia para utilizá-la. Desde os princípios básicos da Física, até o aparato tecnológico que torna possível usarmos a parafernália existente em nossas casas, é possível que grande parte da sociedade urbana seja ignorante sobre os "bastidores" da geração de energia e dos sistemas que existem dentro de cada aparelho elétrico

²⁸ The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it.

que utilizamos diariamente. Na verdade, é muito provável que só tomemos conhecimento da presença massiva dessa tecnologia em nossas vidas quando há falta de luz. Nesses momentos, e especialmente quando isto se dá durante a noite, são poucas as atividades possíveis de se fazer em nossas casas, ficando evidente o quão presente a eletricidade está no cotidiano do cidadão urbano neste século.

Em escala menor, podemos ainda citar os motores como exemplos de tecnologias que desaparecem. Tomemos um carro como exemplo: é razoável supor que qualquer pessoa que conheça um automóvel tenha noção de que existe um motor que faz o carro entrar em movimento. No entanto, este não é o único motor em funcionamento no carro: os limpadores de pára-brisa funcionam com pequenos motores, assim como os elevadores dos vidros das portas nos carros mais modernos; há ainda o motor que faz funcionar o condicionador de ar dos automóveis, assim como em alguns modelos mais sofisticados é possível ajustar os espelhos retrovisores com controles que acionam minúsculos motores. Existem motores de tamanhos diversos, cuja presença nos é imperceptível, e no entanto, estão em toda parte, são onipresentes. Eles habitam desde os automóveis até escovas de dentes, variando em escala e complexidade, mas normalmente somos capazes de utilizá-los sem que tenhamos qualquer conhecimento sobre como se dá o seu funcionamento.

Mais uma vez, não é que não se perceba o efeito do uso dessas tecnologias, mas sim que de tão elaboradas, elas passaram a compor o nosso entorno de forma discreta, de maneira tal que nós simplesmente as utilizamos, sem necessariamente perceber a complexidade que encerram. São tecnologias que povoam nosso cotidiano tão intensamente, que chegam a desaparecer, não pela sua ausência, mas pela sua onipresença ou ubiquidade, que faz com que deixemos de percebê-las, passando simplesmente a utilizá-las quase inconscientemente.

Como uma tecnologia desaparece? O que faz com que sistemas tão complexos quanto os que movimentam as usinas geradoras de força, ou as redes de abastecimento de água, ou ainda mecanismos tão elaborados quanto os que existem no motor que faz girar a broca de um cirurgião dentista, sejam praticamente invisíveis para o cidadão comum? O que faz com que uma tecnologia passe a ser onipresente, ubíqua?

De maneira geral, podemos dizer que uma tecnologia é ubíqua quando apresenta as seguintes características:

- possui uma interface fácil de usar
- é aplicável em diferentes contextos

- está inserida no cotidiano do cidadão comum

Nos exemplos citados anteriormente, independente da complexidade do sistema que está por trás dos aparelhos utilizados, para o usuário final o que se percebe é algo tão simples quanto uma tomada, uma chave, uma torneira. Os diversos motores de um carro são acionados por botões no painel, que exigem pouca habilidade ou conhecimento prévio para sua utilização. Da mesma forma, a miríade de aparelhos elétricos que temos em casa entram em funcionamento com o toque de um botão, o acionar de uma chave, ou simplesmente encaixando uma tomada na parede. Interagimos com o sistema hidráulico de nossas casas, por mais complexo que seja, através de elementos simples como torneiras, registros, alavancas, sensores de movimento. A complexidade tecnológica envolvida no funcionamento desses aparelhos permanece escondida, sendo sintetizada para nós em elementos cuja manipulação é simples, através de interfaces fáceis de usar.

A possibilidade de aplicação em diferentes contextos, em escalas variadas, servindo a fins diversos, também é uma característica marcante que pode ser percebida nas tecnologias ubíquas. É isso que faz com que sistemas complexos como os motores possam ser encontrados em situações e produtos tão díspares quanto um carro de Fórmula 1, um cortador de grama e uma escova de dentes automática. Embora não sejam exatamente o mesmo motor, seguem os mesmos princípios, servindo ao mesmo fim básico, de converter energia e colocar partes mecânicas de um sistema em movimento. Essa capacidade de adaptação é algo característico das tecnologias que se tornam onipresentes em nossas vidas.

Finalmente, a ubiquidade pressupõe uma escala de utilização que alcance grande parte da população. Uma tecnologia só pode ser considerada ubíqua se fizer parte do cotidiano do cidadão comum, isto é, se não ficar limitada a um grupo de especialistas ou a uma elite que tem acesso a essa tecnologia.

2.2 Computação pervasiva

Nas últimas décadas, vimos ocorrer a popularização dos computadores pessoais e o surgimento da Internet, fenômenos que sem dúvida alteraram o papel e a presença da tecnologia computacional na sociedade dos grandes centros urbanos. As transformações promovidas pela disseminação dessas tecnologias são de tal ordem que é comum a utilização de termos como "revolução digital", ou "revolução informacional" para designá-las. Isto porque o impacto que provocaram na

sociedade se estende a diversos níveis, do mais pessoal e individual ao coletivo, econômico, político e social. Os efeitos da dita revolução digital afetam toda a sociedade, não só aqueles que utilizam diretamente as tecnologias computacionais, como destaca Ana Maria Nicolaci-da-Costa:

(...) a internet vem trazendo profundos impactos em praticamente todos os setores da vida social e pessoal de milhões de pessoas ao redor do mundo, mesmo daquelas que jamais usaram um computador. Na realidade, os impactos da internet podem ser divididos em dois tipos principais – a) impactos diretos: aqueles gerados pela interação dos usuários com a rede de computadores ou pela interação entre usuários por meio dela; b) impactos indiretos: aqueles que incidem tanto sobre os usuários da rede quanto sobre homens e mulheres que podem jamais ter tido qualquer experiência direta com a internet. Isso porque tanto os primeiros quanto os últimos sofrem os efeitos das profundas alterações introduzidas pela internet no mercado de trabalho, na circulação do capital, no exercício da cidadania, no acesso à informação, na educação etc. (NICOLACI-DA-COSTA, 2005)

Cumprido deixar claro que as tecnologias computacionais aqui referidas não se limitam aos computadores pessoais do tipo *desktop* ou *laptops* que habitam as mesas de escritórios e os lares das classes mais abastadas de nossa sociedade, mas compreendem todo e qualquer aparelho e/ou sistema que contenha circuitos computadorizados, capazes de processar informação digital. Nesta pesquisa interessam especialmente os sistemas com os quais interagimos diretamente, isto é, que além de capacidade de processamento pressupõem uma interface com o homem. Embora os computadores pessoais sejam o exemplo mais evidente das tecnologias computacionais, atualmente temos contato com diversos outros dispositivos que se enquadram nessa categorização, como telefones celulares, câmeras fotográficas, caixas de auto-atendimento bancário, sistemas de telemarketing automatizados que respondem a comandos de voz, roletas de controle de entrada de veículos públicos etc. Em diferentes formatos, dos mais discretos aos mais evidentes, atualmente em nosso dia-a-dia utilizamos diversos computadores, embora nem sempre sejam explicitamente percebidos como tal.

Pode-se dizer que, assim como a eletricidade e outras tecnologias que tornaram-se ubíquas, a tecnologia computacional está em um momento de transição, tornando-se tão presente em nossas vidas que parece estar prestes a "desaparecer". A esse estágio de evolução das tecnologias computacionais costuma-se chamar de **ubiquidade computacional**²⁹. Mais do que um termo criado fortuitamente, trata-se na verdade de uma linha de pesquisa inaugurada ainda na década de 80, fruto principalmente do trabalho realizado por Mark Weiser no

²⁹ Conforme destacado anteriormente, nesta pesquisa são usados indistintamente os termos **ubiquidade computacional**, **computação ubíqua** e sua abreviação **ubicomp**, assim como os termos **pervasi-
vidade computacional** e **computação pervasiva**, referindo-se sempre ao mesmo fenômeno.

centro de pesquisas da Xerox, em Palo Alto (*Xerox Palo Alto Research Center*, ou Xerox-PARC).

Weiser foi um dos primeiros a conceituar uma computação distinta do paradigma do *desktop computer*, os computadores multifuncionais mais parecidos com grandes caixotes que ainda hoje povoam as mesas de nossas casas e escritórios. Em um de seus textos seminais³⁰ sobre ubiquidade computacional, Weiser (1996) destaca momentos distintos ao longo do tempo nos quais nossa relação com os computadores sofreu alterações. Essas alterações deram-se não somente pelos recursos computacionais disponíveis em cada momento descrito, mas pela própria situação de uso implicada em cada fase dessa evolução tecnológica.

Segundo o autor, poderíamos denominar essas fases ou tendências da seguinte forma:

- Fase dos computadores de grande porte (*mainframes*)
- Fase dos computadores pessoais
- Fase da Internet ou da computação distribuída
- Fase da ubiquidade computacional

Cabe ressaltar que as fases não são necessariamente momentos estanques, ou que o início de uma implique o fim de outra. Apesar de haver períodos em que uma fase seja mais evidente, elas podem ocorrer em paralelo, e muitas vezes uma fase é o alicerce para a construção da fase seguinte.

As principais tendências no desenvolvimento da tecnologia computacional	
Computadores de grande porte	Muitas pessoas compartilham um computador
Computadores pessoais	Um computador, uma pessoa
Internet / Computação distribuída	...transição para...
Computação ubíqua	Muitos computadores compartilham cada um de nós

Tabela 1: As principais tendências no desenvolvimento da tecnologia computacional (WEISER, 1991, tradução minha).

A fase dos computadores de grande porte representa o momento no qual os computadores eram recursos escassos, extremamente complexos e normalmente operados apenas por especialistas. Embora essa fase seja característica dos primeiros anos da computação, ainda hoje temos situações que reproduzem esse modelo, como em ambientes que utilizam computadores especializados para realizar operações complexas, como simuladores de reações físicas, grandes equipamentos de realidade virtual ou qualquer outro tipo de computador

³⁰ The Coming Age of Calm Technology. Power Grid Journal, v.1.01, jul 1996.

especializado, de alto custo, que foge ao alcance da população em geral. A principal característica desse modelo, segundo Weiser, é que um mesmo computador, por ser um recurso escasso, passa a ser compartilhado por muitas pessoas.

A segunda fase descrita pelo autor é a dos computadores pessoais, que caracteriza-se pela relação direta entre um recurso computacional e um indivíduo. Esse modelo ainda hoje é predominante na nossa sociedade. Nas classes mais abastadas, não é raro que uma família tenha mais de um computador, sendo muitas vezes de uso pessoal, isto é, cada pessoa tem o seu próprio computador³¹.

A terceira fase, a fase da Internet ou da computação distribuída, é descrita como um momento de transição: recursos computacionais passam a ser dispersos e compartilhados através da grande rede, mas ainda utilizamos em grande parte os computadores pessoais como pontos de acesso. Mesmo a recente popularização dos telefones celulares como forma de navegar na Internet, ou mesmo como mini-computadores de bolso, ainda não chega a alterar a predominância dos computadores pessoais. Todavia, como veremos mais adiante, há fortes indícios de que a próxima fase já está em andamento.

Weiser chama atenção para o fato de que em todos esses momentos, fases ou modelos, nossa relação com as tecnologias computacionais é de imersão, de total atenção voltada para sua utilização. O autor acreditava que o próximo momento da evolução seria o da computação ubíqua, caracterizado pela aplicação de recursos computacionais em diferentes escalas aos objetos do nosso entorno. Diferente dos modelos anteriores, Weiser proclamava que esse modelo seria mais propício para uma utilização mais intuitiva dos dispositivos computacionais, de maneira a exigir menos o foco de nossa atenção. A idéia seria descentralizar o computador, distribuindo suas funções em diferentes objetos – que poderiam ser entendidos como centenas de computadores, como ressalta Weiser:

Centenas de computadores em uma sala pode parecer intimidador a princípio, da mesma forma que centenas de volts correndo por fios nas paredes pareceu um dia. Mas assim como os fios nas paredes, essa centena de computadores se tornará imperceptível. As pessoas simplesmente vão usá-los inconscientemente para realizar tarefas cotidianas (WEISER, 1991, tradução minha)³².

³¹ Embora no Brasil, especificamente no que se refere aos computadores do tipo *desktop* ou *laptops*, isso seja verdade apenas para as camadas mais privilegiadas da população, se considerarmos os telefones celulares como recursos computacionais e a sua grande disseminação entre as camadas de baixa renda, essa relação quase pessoal de um indivíduo com um computador se mantém, a despeito da má distribuição de renda típica de nosso país.

³² Hundreds of computers in a room could seem intimidating at first, just as hundreds of volts coursing through wires in the walls did at one time. But like the wires in the walls, these hundreds of computers will come to be invisible to common awareness. People will simply use them unconsciously to accomplish everyday tasks.

Convém destacar que a computação ubíqua, como parte de uma linha evolutiva, não se restringe à aplicação de recursos computacionais aos objetos, uma vez que, em certa medida, essa realidade já está presente há algum tempo. Uma casa de classe média atualmente já contém diversos aparelhos que contam com alguma forma de processamento digital, dotados de microprocessadores. Estes aparelhos podem ser desde brinquedos de crianças até eletrodomésticos, como os fornos de microondas e máquinas de lavar roupa mais modernas, capazes de perceber o volume de roupa interno e ajustar a quantidade de água a ser gasta automaticamente. Quando estes aparelhos passam a se conectar uns aos outros, a compartilhar informações e a servir de ponto de acesso ao mundo digital de maneira mais ampla, aí começamos a ter o cenário descrito como a fase da computação ubíqua.

A partir do momento em que objetos corriqueiros passam a processar informações em rede, temos um ambiente no qual diversos dispositivos são utilizados simultaneamente por mais de uma pessoa, alterando novamente a nossa relação com os computadores. O computador pessoal, embora muito provavelmente venha a permanecer em nossas vidas por muito tempo ainda, não é mais o único paradigma possível. Na fase da computação ubíqua, diversos computadores são compartilhados por várias pessoas.

2.2.1

Peças do quebra-cabeças

Desde os primeiros trabalhos desenvolvidos pelos pesquisadores do Xerox-Parc até hoje, quase duas décadas depois, a computação ubíqua ainda é mais uma promessa do que uma realidade. Isso se dá não só pela complexidade de uma proposta tão avançada, mesmo para os padrões de hoje, quanto pela dificuldade em aplicar essas idéias em um modelo comercial viável, criando produtos acessíveis e que façam sentido para o cidadão comum. Entretanto, há fortes indícios de que isto nunca esteve tão perto de acontecer: iniciativas isoladas começam a deixar claro que as peças para montar esse quebra-cabeças estão no tabuleiro. Montá-las corretamente é mera questão de tempo.

Esse cenário pressupõe algumas condições básicas, especialmente quanto à infra-estrutura tecnológica que permita sua efetivação. A primeira delas diz respeito ao aumento da capacidade de processamento, acompanhada da devida miniaturização dos componentes computacionais. A segunda é uma rede que conecte esses dispositivos, de maneira que possam compartilhar informações e

recursos a distância. A terceira refere-se ao *software* e protocolos de comunicação necessários para que esses sistemas interajam entre si (WEISER, 1991).

No que se refere ao aumento da capacidade de processamento e à miniaturização dos componentes, é fato que ainda não há, até o momento, tecnologia suficientemente barata para a concretização da ubiqüidade computacional em todo o seu potencial, isto é, dotar objetos corriqueiros com capacidade de processamento digital e conectá-los em rede. No entanto, a indústria de informática parece seguir ainda hoje uma tendência percebida por Gordon Moore³³ na década de 60. Em um artigo publicado na revista *Electronics Magazine* de 1965, Moore observou que a quantidade de transistores capazes de serem inseridos em um circuito integrado (um dos principais componentes dos computadores) dobrava em um período aproximado de dois anos, com aumento de custo quase nulo. Isso significa dizer que os computadores teriam praticamente o dobro da capacidade de processamento, e/ou velocidade, por um custo fixo, a cada dois anos – ou ainda, que um mesmo componente computacional teria seu custo reduzido à metade em dois anos. Apesar de Moore ter feito essa observação a partir de dados da indústria da década de 60, curiosamente sua predição ainda hoje vale para grande parte da tecnologia digital. Embora tenha se referido especificamente à produção de transistores, atualmente é possível perceber que essa relação entre tempo, aumento da capacidade de processamento e custo, tem se mantido mais ou menos constante para diversos outros componentes da indústria ligada à computação. Não só o poder de processamento dos computadores continua praticamente dobrando a cada dois anos, como máquinas fotográficas digitais também aumentam a resolução e reduzem de tamanho num período semelhante. Monitores de computador também apresentam aumento de definição, assim como os discos (e outras unidades de armazenamento de dados, como *pen-drives*) dobram a capacidade de armazenamento enquanto diminuem de tamanho, tudo a um custo relativamente estável, seguindo um padrão de tempo muito semelhante ao que Moore havia previsto décadas atrás. Não por acaso sua predição ficou conhecida como Lei de Moore, mostrando a força de sua observação.

Em que pesem as dúvidas sobre a longevidade da Lei de Moore, é fato que a indústria de informática tem conseguido manter sua validade. Kuniavsky (2010b) destaca um outro aspecto fundamental dessa tendência; segundo o autor, a partir

³³ Gordon Moore foi um engenheiro na década de 60, e posteriormente foi um dos fundadores da empresa Intel, responsável pela produção dos processadores que atualmente estão presentes na maior parte dos computadores pessoais em uso no planeta. Um processador é, grosso modo, o cérebro de um computador.

de 2004 a indústria de microprocessadores passa a se preocupar menos em aumentar a capacidade de processamento de seus componentes, focando-se principalmente na redução de tamanho e de custos – tanto custos de produção quanto custos relativos ao consumo. A lógica deixa de ser "fazer mais, com mais", para "fazer o mesmo, com menos". Para se ter uma idéia do que representa essa mudança de paradigma, o autor compara os custos e o poder de processamento de microprocessadores de períodos distintos:

Na época de seu lançamento, o chip i486 da Intel custava 1500 dólares (valores atualizados para 2010) e podia executar 16 milhões de instruções por minuto. Se olharmos para as CPUs de 2010 que podem executar 16 milhões de instruções por minuto, encontraremos processadores como o ATTiny da Atmel, que, para compras em grandes quantidades, é vendido por cerca de 50 centavos a unidade. Em outras palavras, a grosso modo, o mesmo poder de processamento que em 1989 custava 1500 dólares hoje custa 50 centavos e usa muito menos espaço. (KUNIAVSKY, 2010a, p.8, tradução minha)³⁴.

Há que se destacar mais uma vez que a condição básica para estabelecer a infra-estrutura tecnológica da computação ubíqua não é necessariamente poder de processamento infinito, mas sim a possibilidade de dotar objetos do cotidiano com capacidade de processamento digital a um custo baixo, como destaca Adam Greenfield:

Como os processadores serão ridiculamente baratos, o mundo poderá ser germinado com eles de maneira economicamente viável. Por terem um custo baixo, iremos dispor deles facilmente, instalando-os em lugares e situações que anteriormente não fariam sentido – interruptores de luz, tênis, caixas de leite. Haverá tantos, mas tantos deles – milhares deles servindo a cada pessoa e cada lugar – que não importará se algum deles falhar. Eles serão ao mesmo tempo poderosos individualmente e capazes de compartilhar poder de processamento entre si, capazes de lidar com a complexidade dos problemas do dia-a-dia. (GREENFIELD, 2006, p.117, tradução minha)³⁵.

O segundo ponto necessário para que a ubiquidade computacional ocorra em todo seu potencial é uma rede que permita a troca de dados remotamente, e o compartilhamento de recursos. Neste ponto, atualmente temos muito mais condições do que quando Mark Weiser iniciou as pesquisas em *ubicomp*. Redes sem fio começam a se popularizar ao redor do globo: na cidade de Philadelphia, nos

³⁴ At the time of its release, the Intel i486 cost \$1500 (in 2010 dollars) and could execute 16 million instructions per second (MIPS). If we look at 2010 CPUs that can execute 16 MIPS, we find processors like Atmel's ATTiny, which sells for about \$.50 in quantity. In other words, broadly speaking, the same amount of processing power that cost \$1500 in 1989 now costs \$.50 and uses much less power and requires much less space.

³⁵ Because processors will be so ridiculously cheap, the world can be seeded with them economically. Because their cheapness will mean their disposability, they'll be installed in places it wouldn't have made sense to them before – light switches, sneakers, milk cartons. There will be so very, very many of them – thousands of them devoted to every person and place – that it won't really matter whether some percentage of them fail. They will be both powerful individually, and able to share computation among themselves besides, and able to parse the complexities presented by problems of everyday life.

EUA, o poder municipal trabalha no sentido de oferecer acesso gratuito à Internet por meio de redes sem fio, esbarrando apenas em problemas com a iniciativa privada para que seus planos decolam. Assim como nessa cidade, projetos semelhantes já podem ser vistos em diversos países, inclusive no Brasil³⁶.

Embora essas iniciativas apontem para um futuro no qual teremos pontos de acesso à Internet espalhados pelo ambiente, ainda deverá demorar para que a infra-estrutura de rede necessária à *ubicomp* de fato esteja disponível. Por outro lado, como atesta Greenfield (2006, p.204), os protocolos de comunicação que deverão fazer parte do funcionamento dessa rede encontram-se em estágio promissor. Segundo o autor, a troca de informações entre dispositivos, típica da computação pervasiva, pressupõe uma rede de transmissão de dados com as seguintes condições:

- a rede está disponível em qualquer lugar
- é uma rede sem fios
- com capacidade de transmissão de grande quantidade de dados (banda larga)
- com capacidade de transmissão de dados a grandes distâncias
- os dispositivos da rede reconhecem-se uns aos outros automaticamente

Atualmente existem diversos protocolos e tecnologias concorrendo para o mesmo fim, isto é, permitir a troca de dados entre diferentes dispositivos computacionais. Dentre elas, podemos citar o conhecido padrão *Wi-Fi*, normalmente utilizado em *hotspots* públicos para permitir que computadores, *laptops*, *smartphones* e outros aparelhos sem fio conectem-se à Internet. Uma das variações do padrão *Wi-Fi*³⁷ tem uma taxa de transferência nominal máxima de 54 Mbps (Mega bits por segundo)³⁸, com alcance de aproximadamente 100 metros. Há ainda o padrão *WiMAX*, com valor nominal máximo de transferência de aproximadamente 70 Mbps. Embora o valor não seja muito maior do que o do *Wi-Fi*, o alcance do padrão *WiMAX* é bem superior, chegando a 50 quilômetros.

³⁶ No Estado do Rio de Janeiro, em 2008 oito municípios integravam a chamada Infovia.RJ, que provê acesso à Internet por tecnologia de redes sem fio, inclusive com a instalação de pontos de acesso abertos, gratuitos (*hotspots*). Em 2009, foi implementada uma experiência piloto na praia de Copacabana, na capital do Estado do Rio, com a instalação de *hotspots* ao longo da orla para acesso gratuito da Internet por meio de redes sem fio. A promessa é que essa seja a primeira parte de uma série de iniciativas semelhantes, que virão a compor a nuvem de acesso digital sem fio, gratuita, na cidade do Rio.

³⁷ Existem variações dentro do padrão *Wi-Fi*, de acordo com a "geração" ou versão que é utilizada. A versão citada aqui é a variação IEEE 802.11g.

³⁸ Convém ressaltar que o valor máximo nem sempre é obtido. Muitas vezes, embora o valor nominal seja de 54Mbps, o que se consegue é algo em torno de 11Mbps.

Outro padrão em desenvolvimento atualmente é o *WirelessUSB*. O padrão USB (*Universal Serial Bus*) é utilizado por grande parte dos periféricos dos computadores pessoais atualmente, como impressoras, *scanners*, assim como é utilizado por máquinas digitais e outros aparelhos dessa categoria para conectarem-se uns aos outros. A diferença do USB para o WUSB é evidente: este dispensa o uso de fios para fazer o contato entre os dispositivos, transmitindo os dados remotamente. A vantagem em relação aos padrões *Wi-Fi* e *WiMAX* é a quantidade de dados transmitidos por segundo: 480 Mbps (com 3 metros de alcance), ou 110 Mbps (com 10 metros de alcance). A desvantagem é exatamente o alcance reduzido, funcionando apenas a curtas distâncias.

Atualmente temos ainda o padrão *Bluetooth* como uma forma de transmissão de dados remota entre dispositivos digitais a curta distância. Embora não sirva para grandes volumes de dados, por conta da baixa taxa de transferência (1 a 3 Mbps), seu alcance pode chegar a 100 metros. Mas o padrão *Bluetooth* 3.0 UWB (*Ultra Wide Band*), em desenvolvimento, poderá transmitir a uma taxa de 480Mbps, semelhante ao *WiMAX* mas alcançando uma distância dez vezes maior. A vantagem deste padrão em relação aos anteriores é o baixo consumo de energia necessário para o seu funcionamento.

Existem ainda outros protocolos e alternativas em desenvolvimento para permitir a comunicação remota entre dispositivos digitais. Nenhuma delas, no entanto, conjuga todas as condições necessárias para a implementação plena da *ubicomp*, descritas anteriormente.

Uma das questões que ainda carece de uma solução satisfatória, como destaca Greenfield (2006, p.206), é como fazer para que os aparelhos reconheçam-se uns aos outros, e possam fazer conexões entre si sem necessitar de nossa interferência. Apesar de já utilizarmos grande parte dessas tecnologias de transmissão de dados, em geral é necessário passar por uma série de passos para que os aparelhos identifiquem-se e possam "dialogar" na mesma língua, isto é, que os dados possam ser transmitidos e interpretados corretamente entre dispositivos diferentes. Uma das principais questões da ubiquidade computacional é justamente colocar a computação fora de nossas vistas, incorporada aos objetos e sem demandar nossa intervenção ou atenção direta para seu funcionamento. Um dos exemplos clássicos utilizados para descrever as possibilidades da ubiquidade computacional é o da "casa inteligente", que percebe a entrada de um indivíduo e altera as condições internas de acordo com as suas preferências, ajustando a iluminação, a temperatura dos cômodos em uso, tocando a música ambiente preferida. Para que qualquer idéia semelhante a essa aconteça, é fundamental que os dis-

positivos possam dialogar sem que seja necessária a nossa intervenção, caso contrário a computação estará novamente demandando o foco de nossa atenção, indo na direção oposta das propostas iniciais da *ubicomp*.

Se por um lado esta peça do quebra-cabeças ainda não parece encaixar corretamente, há outras questões que atualmente já podem ser consideradas, se não resolvidas, ao menos em estágio bem avançado, tornando a figura mais completa. Um ponto fundamental para que objetos do cotidiano façam parte do ambiente digital é justamente como fazer a ponte entre *bits* e átomos. Já existem soluções que permitem que isso aconteça, ao menos em parte. Entre elas, destacam-se as **etiquetas RFID** e o **protocolo de endereçamento IPv6**. Esses dois elementos combinados, como veremos a seguir, são os principais responsáveis pelo que costuma ser chamado de "a Internet das coisas" (VAN KRANENBURG, 2008).

A grosso modo, o protocolo IPv6 cumpre o papel de identificar cada elemento constituinte de uma rede. Ele na verdade é uma evolução do protocolo IPv4, usado atualmente para gerar os endereços que utilizamos para acessar páginas na Internet. Lançado no início da década de 80, quando a Internet era ainda restrita ao meio acadêmico, o IPv4 funciona com uma base de 32 *bits* (2^{32}), sendo possível criar 4.294.967.296 (aproximadamente 4 bilhões) de seqüências de números distintas a partir dele. Cada seqüência corresponde a um endereço único³⁹, utilizado para identificar elementos da rede (*sites*, computadores, impressoras etc.). Embora inicialmente 4 bilhões de endereços parecesse suficiente, a partir do momento em que a Internet passou a ser aberta comercialmente e com a posterior popularização desse meio, rapidamente tornou-se evidente que o modelo não seria sustentável por muito tempo. Dado o crescimento da Internet, a quantidade de endereços fatalmente será insuficiente. Embora não haja consenso sobre quando chegaremos ao limite de endereços criados, em geral as previsões apontam 2011 como o ano em que não haverá mais endereços disponíveis utilizando o protocolo IPv4, o que ficou conhecido como *IPv4 address exhaustion*.

Para resolver essa questão, desde 1998 vem se desenvolvendo um novo protocolo, o IPv6, que funciona com uma base de 128 *bits* (2^{128}), sendo possível por sua vez gerar 340,282,366,920,938,000,000,000,000,000,000,000,000 (aproximadamente 340 undecilhões ou $3,4 \times 10^{38}$) endereços distintos⁴⁰. Isso equivale a dizer que haverá $6,5 \times 10^{23}$ endereços únicos para cada metro quadrado

³⁹ Um endereço típico do protocolo IPv4 seria, por exemplo, 66.230.200.110.

⁴⁰ Um endereço típico do protocolo IPv6 seria, por exemplo,
2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334

do planeta, ou ainda, que cada pessoa terá o equivalente a 5×10^{28} endereços a sua disposição. Parece suficiente para identificar praticamente todos os objetos que nos interessem. Como destaca Greenfield (2006, p.200), para que a ubiquidade computacional aconteça plenamente, é preciso que os elementos constituintes desse sistema possam ser identificados individualmente, e o protocolo IPv6 cumpre esse papel de maneira satisfatória.

Resolvida a questão de identificação, é preciso ainda que essa identidade individual possa fazer parte do ambiente digital. Uma coisa é um objeto ter um nome próprio, um endereço particular. Outra é que esse endereço possa ser identificado pelo sistema, que esse objeto possa ser localizado, rastreado, acessado por meios digitais. Essa ligação entre o mundo físico e o mundo digital começa a ser feita através das *Radio Frequency Identification tags*, etiquetas de identificação por radiofrequência (ondas de rádio), ou simplesmente, etiquetas RFID.

Estas etiquetas nada mais são do que um conjunto constituído por uma antena (ou *interrogator*), e um *chip* (*transponder*) localizado na etiqueta propriamente dita, que pode ter diversos tamanhos. A antena emite um sinal por ondas de rádio, que é captado pelo *transponder*, que por sua vez emite uma resposta ao sinal recebido, enviando os dados armazenados no *chip*. Há modelos que são passivos, isto é, que dependem do sinal da antena para serem ativados. O próprio sinal emitido pela antena alimenta o *chip* da etiqueta com a energia necessária para que possa refletir o sinal de volta (processo chamado de *backscatter*). Há os modelos ativos, que não dependem do sinal da antena para funcionar, emitindo os dados constantemente. Nesses modelos, no entanto, a etiqueta precisa de uma bateria para poder enviar o sinal. A vantagem é que possuem um alcance maior do que os modelos passivos, já que têm fonte de alimentação própria.

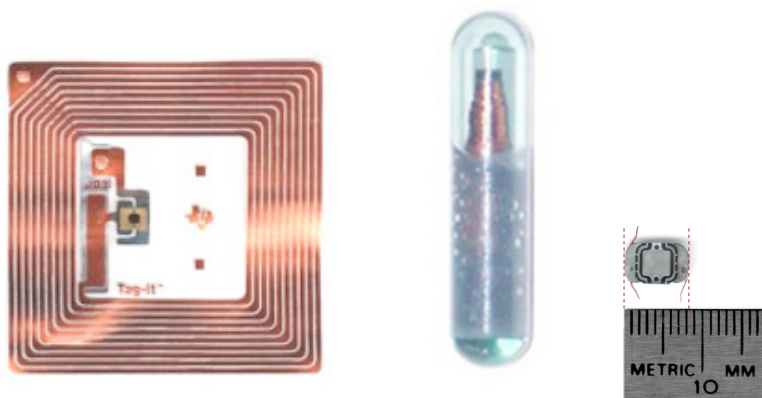


Figura 1: Etiquetas RFID, em diversos tamanhos.

A aplicação mais simples e evidente para as etiquetas RFID é a identificação de objetos, papel semelhante ao dos códigos de barras, presentes na emba-

lagem de praticamente qualquer produto existente nos supermercados atualmente. Apesar de cumprirem funções semelhantes, as diferenças entre ambos são consideráveis. Os códigos de barra, na sua versão mais comum, possuem uma capacidade limitada de armazenamento de informações. Uma vez impressos, não há como alterar as informações contidas. Já as etiquetas RFID possuem uma capacidade de armazenamento maior e podem ser alteradas indefinidamente. Como funcionam com ondas de rádio, a leitura das informações pode ser feita a distância (de alguns centímetros até metros, dependendo do tipo de etiqueta – passiva ou ativa), ao contrário dos códigos de barra que necessitam de um leitor ótico para transmitir os dados. Enquanto o leitor ótico do código de barras só consegue interpretar um item por vez, as etiquetas RFID podem ser lidas em conjunto. Por essas características, uma das aplicações mais comuns para essa tecnologia é a de controle de estoque em redes de abastecimento. Isso porque aumentam a precisão da identificação dos elementos em estoque, não só pelo fato de poderem classificar individualmente cada elemento, mas porque a informação pode ser alterada ao longo do tempo, o que facilita enormemente a logística e o controle do histórico de produtos em trânsito.

Para se ter uma idéia de como a aplicação em larga escala dessa tecnologia está próxima, o Departamento Nacional de Trânsito (Denatran) planeja implantar o Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos (Siniav), que através da tecnologia RFID fornecerá informações sobre cada veículo em circulação no Brasil. O uso desse dispositivo será obrigatório a partir de 2014. Segundo o Denatran, o sistema permitirá o planejamento de ações de combate ao roubo e furto de veículos e cargas, a identificação e prevenção da clonagem de veículos, o levantamento de informações sobre licenciamentos, multas e IPVA e uma melhor gestão do controle de tráfego ⁴¹.

Mas as etiquetas estão longe de serem utilizadas apenas no controle de produtos. Atualmente existem diversos formatos para as RFID *tags*, permitindo inclusive que sejam implantadas em seres humanos ou animais. Elas já são obrigatórias para animais de estimação que viajem para alguns países da Europa. Nesse caso, os *chips* devem conter não só a identificação do animal, mas todo o seu histórico veterinário, que pode inclusive ser atualizado posteriormente. Para provar que o dispositivo é seguro, não causa dor ou riscos à saúde, Fernando Vicente Ferreira, coordenador do Centro de Controle de Zoonoses de Americana, no interior de São Paulo, colocou um *chip* na sua própria nuca. O objetivo

⁴¹ G1, Carros, Trânsito. Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Carros/0,,MUL1359894-9658,00-IMPLANTACAO+DE+CHIP+EM+VEICULOS+SERA+DEFINIDA+NESTA+QUINTAFEIRA.html>

era convencer donos de cães e gatos da cidade a fazer o mesmo com seus bichos de estimação (ISKANDARIAN, 2009).

De maneira semelhante, em Barcelona, na Espanha, desde 2004 clientes VIPs de boates utilizam *chips* RFID inseridos cirurgicamente em seus braços, para facilitar o acesso a áreas exclusivas e facilitar o pagamento de suas contas, dispensando o uso de cartão de crédito ou dinheiro⁴². Já Amal Graafstra, um americano de Washington, utiliza implantes RFID em ambas as mãos, para controlar a fechadura da porta de sua casa, a porta de seu carro, e desbloquear o seu computador pessoal, simplesmente aproximando a mão dos leitores (GRAAFSTRA, 2006).



Figura 2: Implante RFID de Amal Graafstra (fonte: <http://www.amal.net/rfid.html>)

As aplicações desse tipo de tecnologia permitem que mesmo animais de estimação façam parte do universo digital, como é o caso dos gatos Gus e Penny. Cansado de lutar contra os gatos da vizinhança que entravam pela pequena porta de felinos instalada na frente de casa, o dono de Gus e Penny criou um sistema que controla a entrada, de maneira que somente os seus animais de estimação, com coleiras dotadas de etiquetas RFID, podem "abrir" a porta. O sistema identifica os felinos, e não só permite a sua entrada e saída de casa, como atualiza o perfil dos gatos no *site* de rede social *Twitter*. Cada vez que Gus ou Penny passam pela porta, o sistema identifica se eles estão chegando ou saindo de casa e envia uma mensagem para o *site Twitter*, além de publicar também uma foto dos gatos no momento exato em que passaram pela porta. A sensação, para quem lê a página dos gatos no *Twitter*, é que os próprios gatos estão "tuitando", como dizem os usuários desse site no Brasil⁴³.

⁴² BARCELONA CLUBBERS GET CHIPPED. BBC, Technology. 29 Set. 2004. Disponível em: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/3697940.stm>

⁴³ Para ver mais sobre Gus e Penny, visite o *site* <http://tweetingcatdoor.com/>

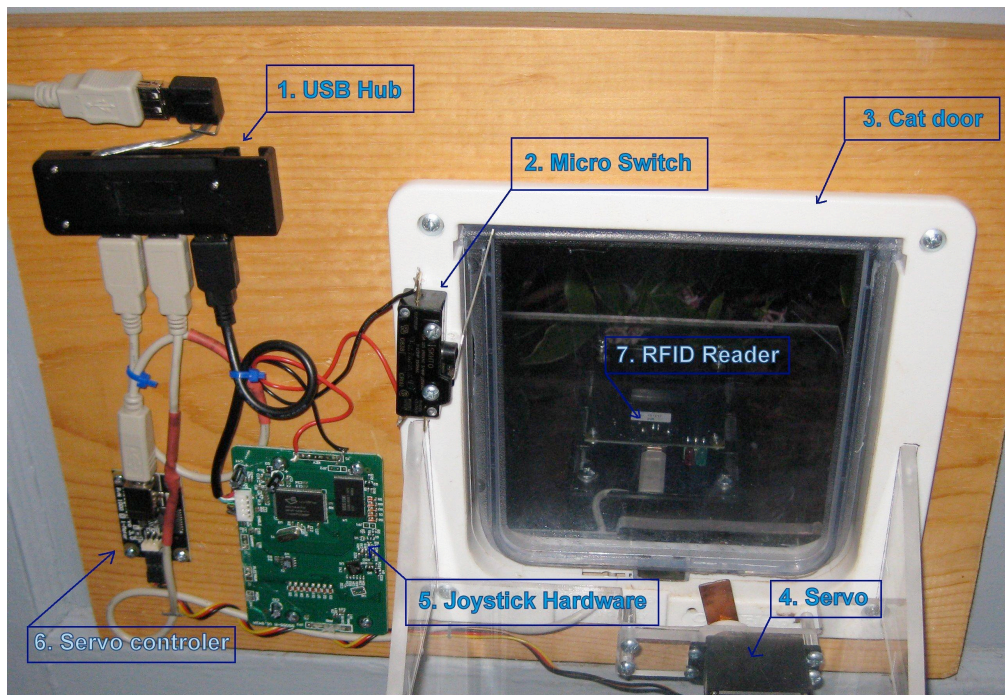


Figura 3: Porta para gatos com leitor RFID. O sistema libera a entrada somente dos gatos Gus e Penny (fonte: <http://tweetingcatdoor.com/>)

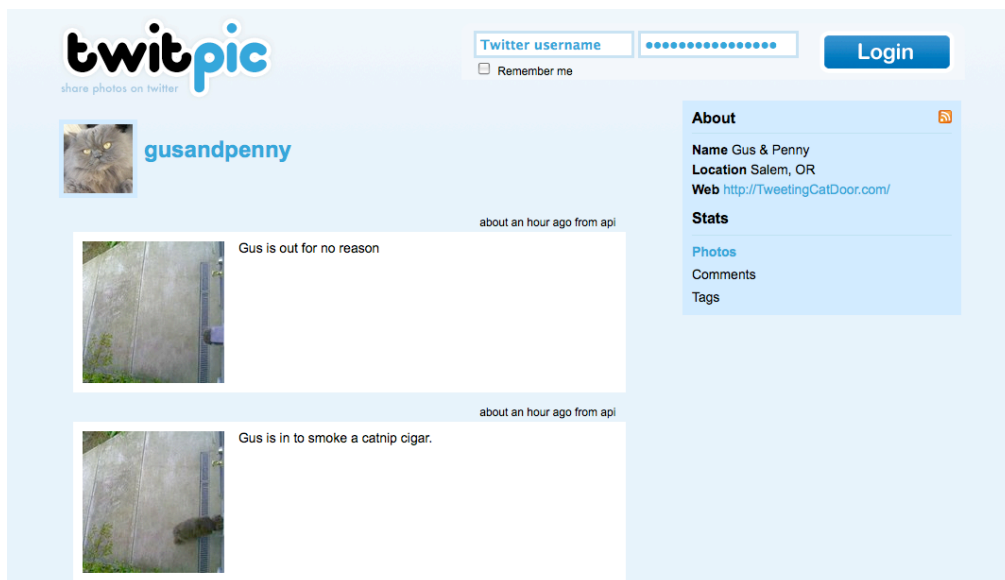


Figura 4: Fotos dos gatos passando pela porta são tiradas e publicadas automaticamente na Internet

As etiquetas RFID já são utilizadas em diversas situações do nosso dia-a-dia. Uma aplicação comum são os pedágios em estradas, do tipo 'passe-livre', nos quais um *transponder* ativo é afixado no vidro dianteiro dos veículos. Ao passar pelo pedágio, o leitor verifica o saldo restante no *chip* e libera a passagem, debitando o valor diretamente no *transponder*. De maneira semelhante, alguns transportes públicos como ônibus e metrô já contam com essa tecnologia. Basta aproximar um cartão (um *transponder* passivo) do leitor na roleta que a comunicação é

estabelecida, e a sistema verifica se há saldo suficiente para liberar ou não a passagem. Outra aplicação em desenvolvimento são os passaportes internacionais, que passarão a conter *chips* RFID com informações dos seus portadores, supostamente dificultando a falsificação deste documento.

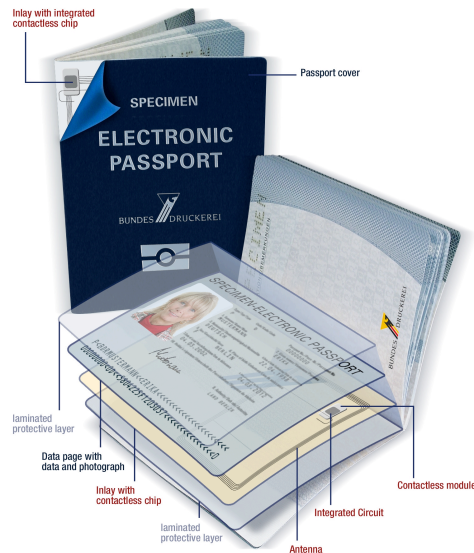


Figura 5: Esquema de aplicação de chips RFID em passaportes (fonte: <http://www.bundesdruckerei.de>)

Como se vê, essa é uma tecnologia já em uso que permite uma série de aplicações em objetos do cotidiano, facilitando sua ligação com o ambiente digital. A capacidade de transmissão e armazenamento de dados das etiquetas RFID, além de sua aplicabilidade em escalas tão reduzidas quanto as que são utilizadas em implantes subcutâneos, combinada com a quantidade generosa de endereços únicos passíveis de serem gerados através do protocolo IPv6, tornam possível a criação da ponte entre o mundo físico e o ambiente virtual. Já é viável não só criar uma identidade digital para objetos do dia-a-dia, como também que esses objetos sejam integrados à rede, localizáveis, rastreáveis. A comunicação entre *bits* e átomos, assim como a "internet das coisas", não é apenas uma figura retórica, mas uma realidade possível hoje. A tendência é que, dada a velocidade da evolução das tecnologias digitais, novas soluções ainda mais interessantes e viáveis comercialmente estejam disponíveis em breve, tornando a *ubiquitous computing* mais presente em nosso dia-a-dia. Disso depende não só a ubiquidade computacional, mas toda a indústria de informática, que tem todo interesse nessa próxima fase da computação, como veremos mais adiante.

2.2.2 Aplicações da computação pervasiva

No ponto em que estamos, ainda é difícil prever com clareza os impactos que essas inovações terão em nossas vidas. Mas é fato que isso vai se dar em diferentes escalas, da mais macro, ligando os dispositivos computacionais ao ambiente e afetando a coletividade, ao mais micro, relacionando o nosso próprio corpo e nossa individualidade com o ambiente digital (GREENFIELD, 2006, pp.46-65).

Algumas das aplicações mais freqüentemente citadas quando se discutem os benefícios que a ubiquidade computacional pode promover, referem-se à criação de sistemas de monitoramento do estado de saúde das pessoas. Isto vale tanto para prevenção, quanto para o auxílio ao tratamento de doentes crônicos, ou ainda, simplesmente para o acompanhamento de pessoas que exijam alguma atenção especial, como por exemplo, idosos que morem sozinhos.

Normalmente estes sistemas funcionam através de sensores, que monitoram determinados aspectos da saúde dos indivíduos, e ao perceberem alguma mudança no padrão programado, podem comunicar-se com sistemas de auxílio médico, ou simplesmente alertar o usuário do sistema. É o caso do CGM, *Continuous Glucose Monitoring* (figura 6): um implante subcutâneo mede constantemente o nível de glicose presente no tecido de seu usuário e transmite essas informações por ondas de rádio para um aparelho externo, semelhante a um *pager*, dispensando a necessidade de retirada de amostras de sangue ao longo do dia, como normalmente se faz para medir o nível de glicose em diabéticos. Assim é possível acompanhar alterações do paciente de maneira mais natural, sem interromper outras atividades ao longo do dia para realizar testes do nível de glicose.

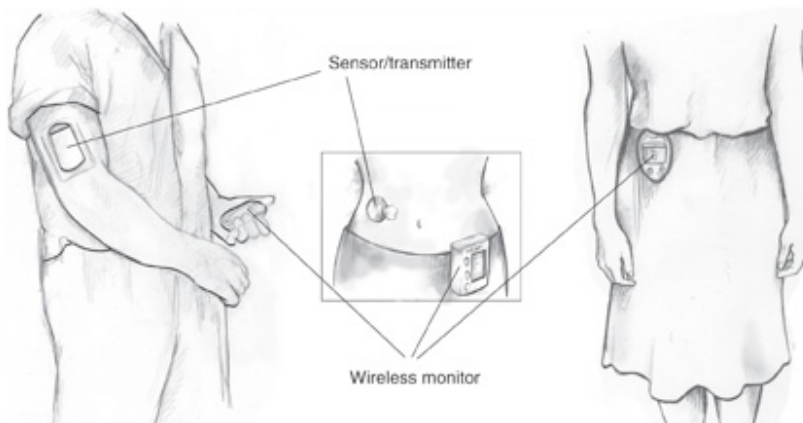


Figura 6: *Continuous Glucose Monitoring* (CGM) (fonte: <http://diabetes.niddk.nih.gov>)

Nem todas as integrações do corpo com a computação são tão intrusivas. Há décadas o professor Steve Mann, da Universidade de Toronto, percebe o mundo através de um sistema computadorizado, através do qual pode interagir simultaneamente com camadas de informação digital. Mann, que já foi chamado de cyborg pelo fato de utilizar um computador integrado ao seu corpo durante anos, na verdade desenvolveu um dos primeiros computadores vestíveis⁴⁴ que se tem notícia. A evolução do seu projeto passou por diversas fases (figura 7), desde um aparato extremamente pesado e de difícil manejo até um sistema sofisticado e discreto, que permite liberdade de movimentos, integrado à roupa e conectado remotamente à Internet, fazendo com que ele interaja com o mundo e com o ambiente digital simultaneamente sem que isso seja percebido. Através de seu sistema ele pode, por exemplo, consultar um programa que faz o reconhecimento facial de seus interlocutores, funcionando como um assistente para a memória, identificando rostos que lhe são familiares mas que porventura não sejam imediatamente reconhecidos por ele (MANN, 1998).



Figura 7: A evolução do computador vestível de Steve Mann, desde os anos 80 até a década de 90. De um aparato externamente visível a óculos discretos, uma integração da roupa com sistemas computadorizados. (fonte: [http:// www.wearcam.org](http://www.wearcam.org))

A integração da computação com o corpo também vem sendo projetada no *Media Lab* do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). É deles o projeto

⁴⁴ Embora o termo "computador vestível" ainda não faça parte da gramática brasileira, tem sido utilizado normalmente para designar projetos que integram a computação ao vestuário, sendo uma tradução direta do termo em inglês *wearable computer*. Uma referência sobre este assunto no Brasil é o trabalho da pesquisadora Rachel Zuanon, coordenadora da Pós-Graduação em Design de Hipermedia e da Graduação em Design Digital, ambos da Universidade Anhembi Morumbi, disponível em seu site: <http://www.rachelzuanon.com>

SportSemble (figura 8), um sistema composto por sensores que medem o nível de esforço de partes do corpo de atletas durante atividades físicas, buscando entender com mais precisão como se dá a dinâmica do corpo em movimento e o estilo de atletas distintos, de maneira a auxiliar seu treinamento e aumento de performance. Os sensores implantados no corpo do atleta comunicam-se remotamente com um computador, no qual um programa faz a análise dos dados coletados.



Figura 8: *SportSemble*, projeto do MIT (fonte: <http://www.media.mit.edu/resenv/sportSemble/>)

Ainda dentro do *Media Lab* do MIT, o pesquisador Pranav Mistry, membro do grupo de pesquisa *Fluid Interfaces* coordenado pela pesquisadora Pattie Maes, desenvolveu o projeto *SixthSense* (Sexto Sentido), no qual diversos dispositivos atualmente disponíveis no mercado (projetores, sensores de movimento, câmeras digitais, com um custo total de aproximadamente 350 dólares) são combinados na forma de um computador vestível. Mistry acredita que, a despeito de nossa capacidade de perceber o mundo ao nosso redor e tomar decisões o tempo todo a partir das informações captadas pelos nossos cinco sentidos, não temos como acessar facilmente informações mais complexas e detalhadas que encontram-se atualmente no ambiente digital, ao menos não de forma natural, fácil e intuitiva. Segundo o autor, seu sistema permitiria o acesso a informações de forma mais fluida, enquanto realizamos tarefas do cotidiano, integrando o ambiente natural com o mundo digital. A interação se dá através de gestos, sem necessitar aparatos complexos.

Embora a miniaturização dos dispositivos computacionais nos permita carregar computadores em nossos bolsos, nos mantendo constantemente conectados ao mundo digital, não há ligação entre nossos dispositivos computacionais e nossa interação com o mundo físico. A informação tradicionalmente está confinada em um

papel ou digitalmente em uma tela. *SixthSense* faz a ponte entre informação digital intangível e o nosso mundo tangível, de maneira que possamos interagir com essa informação através de gestos manuais naturais. *SixthSense* liberta a informação de seu confinamento, integrando-a à realidade de forma transparente, e assim fazendo do mundo inteiro o seu computador. (MISTRY, 2009, tradução minha)⁴⁵.

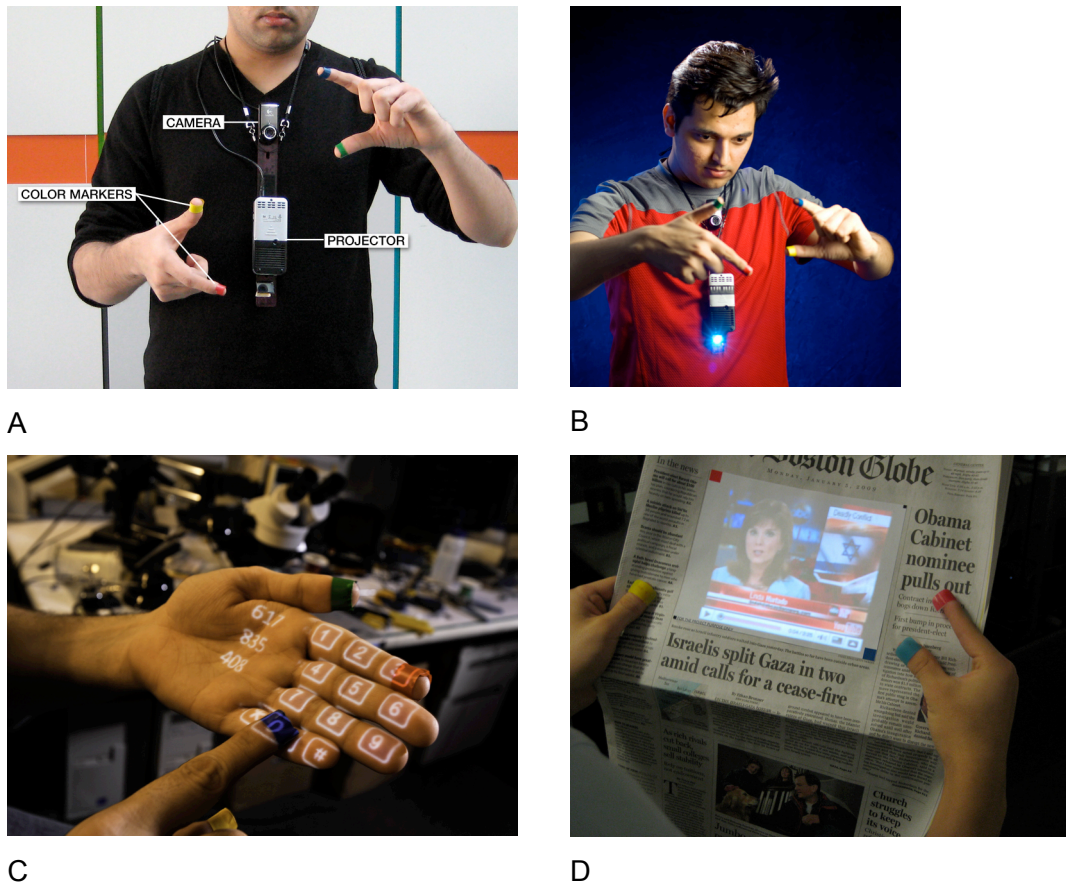


Figura 9: O projeto *SixthSense*: (A) os componentes utilizados no sistema; (B) o autor do projeto, realizando o gesto que faz com que o sistema tire uma fotografia da cena delimitada pelos sensores nos dedos; (C) digitando as teclas projetadas na palma da mão, o sistema faz uma chamada telefônica; (D) a partir de uma notícia do jornal impresso, o sistema acessa um vídeo na Internet, que é projetado na superfície do jornal que disparou a ação. (fonte: <http://www.pranavmistry.com/projects/sixthsense/>).

Mesmo fora do ambiente acadêmico e de pesquisa, já há aplicações comerciais que permitem a integração da computação com o corpo de maneira pouco intrusiva. A Nike, em conjunto com a empresa de computadores Apple, lançou o Nike + iPod, um sistema composto por um tênis no qual é inserido um sensor, que monitora o ritmo de corrida do atleta. Esses dados são enviados para o iPod, um aparelho que armazena e toca músicas em formato mp3, ou para um iPhone, o

⁴⁵ Although the miniaturization of computing devices allows us to carry computers in our pockets, keeping us continually connected to the digital world, there is no link between our digital devices and our interactions with the physical world. Information is confined traditionally on paper or digitally on a screen. *SixthSense* bridges this gap, bringing intangible, digital information out into the tangible world, and allowing us to interact with this information via natural hand gestures. '*SixthSense*' frees information from its confines by seamlessly integrating it with reality, and thus making the entire world your computer.

telefone celular da Apple (figura 10). Um programa residente no aparelho (iPod ou iPhone) acompanha o ritmo da corrida, tocando músicas apropriadas para cada momento, ou ainda, pode-se fazer uma programação específica para determinado tipo de treinamento, focado em tempo, quilometragem ou queima de calorias. É possível também fazer uma seleção musical de maneira que cada etapa do treinamento tenha músicas com a duração e ritmo adequados para a frequência cardíaca pretendida. Durante o treinamento, o sistema "fala" mensagens de incentivo para o atleta, dando informações parciais sobre seu desempenho. Ao final da corrida, é possível ter uma avaliação consolidada, e enviar essas informações para um banco de dados na Internet, onde um histórico dos treinos do usuário é armazenado e pode-se ver a evolução ao longo do tempo, assim como comparar o trabalho realizado pelo atleta com o de outras pessoas que utilizam o sistema.



Figura 10: Nike + iPod. O tênis comunica-se com o *mp3 player* e auxilia o atleta durante a corrida (fonte: <http://www.apple.com/br/ipod/nike/>)

Além do corpo, a computação ubíqua também se integra ao ambiente. Há inclusive sistemas que pressupõem a integração tanto do corpo quanto da casa. É o caso do sistema *QuietCare*, projetado para monitorar as atividades domésticas de pessoas que necessitam de cuidados médicos. O sistema funciona com sensores que registram a movimentação dos indivíduos pela casa, e transmitem os dados remotamente para uma central, que fica constantemente analisando as informações recebidas (figura 11).

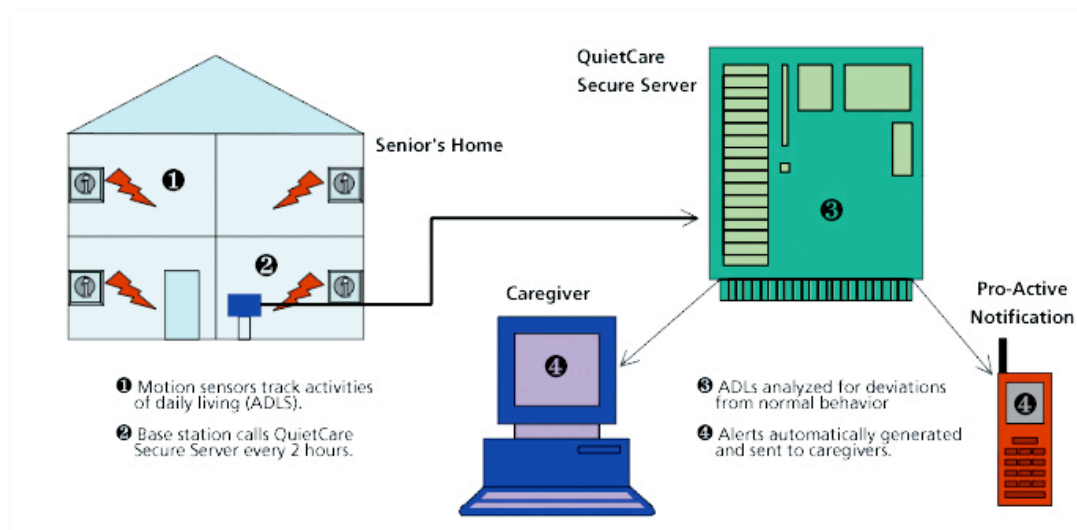


Figura 11: Esquema de comunicação do sistema *QuietCare* (fonte: <http://www.quietcaresystems.com>)

De acordo com os criadores do sistema, ele é adaptável para cada indivíduo, de maneira que o programa "aprenda" os hábitos e particularidades de cada pessoa, e possa perceber qualquer mudança da rotina. Esse registro é disponibilizado em um *site* na Internet, cujo acesso é restrito à família ou a um profissional de saúde que trate do paciente (figura 12). Em uma situação que o sistema interprete como possível emergência, a família e/ou médico encarregado são avisados por mensagens enviadas aos seus telefones celulares.

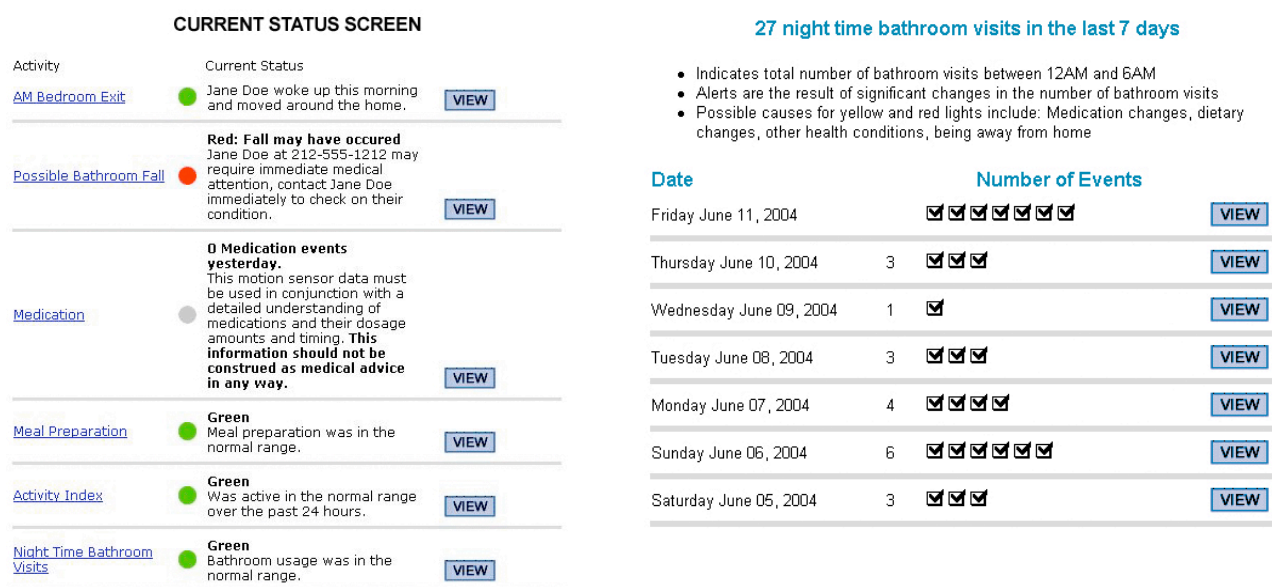


Figura 12: Telas do sistema *QuietCare*. À esquerda, o registro das atividades da usuária em sua casa. À direita, o detalhamento do registro de visitas ao banheiro ao longo da semana. (fonte: <http://www.quietcaresystems.com>)

O sistema *QuietCare* atua mais no nível individual, doméstico. Mas há sistemas semelhantes que trabalham com um grupo de pessoas, e procuram perce-

ber padrões coletivos de comportamento. É o caso do sistema TSI Prism⁴⁶, projetado para auxiliar no monitoramento de prisioneiros em penitenciárias. Cada encarcerado usa uma pulseira com *chip* RFID, sendo rastreados por leitores espalhados em diversos pontos do presídio. Qualquer movimentação suspeita é identificada pelos guardas que monitoram o sistema. Como cada identificação é única, é possível por exemplo identificar quando grupos rivais de prisioneiros estão em situação de provável confronto e intervir a tempo. Da mesma forma, o sistema permite perceber quando um agente penitenciário está cercado ou em situação de perigo, assim como identificar indivíduos em áreas restritas. Segundo a empresa Anco, criadora do TSI Prism, o sistema possibilita uma prisão com menos muros e paredes, utilizando a tecnologia para fazer um monitoramento remoto que exige menos contato entre os prisioneiros e agentes carcerários.

A computação pervasiva também tem ampliado os limites da comunicação entre os seres vivos. Atualmente, graças à tecnologia, é possível inclusive fazer com que plantas "conversem" com seres humanos. Ao menos é essa a proposta do projeto *Botanicalls*: vasos de plantas comuns recebem sensores, que medem a umidade da terra e alertam seus proprietários quando necessitam de água (figura 13). Ao perceber que determinada planta necessita de água, ou que recebeu água em excesso, o sistema faz uma ligação telefônica para o proprietário, reproduzindo mensagens gravadas de acordo com a planta e a situação percebida. Da mesma forma, quando a planta é regada, o telefonema reproduz uma mensagem de agradecimento para o proprietário. A idéia é não só ajudar as pessoas a manterem suas plantas saudáveis, mas humanizar a relação com as espécies botânicas. Cada planta tem uma "voz" e uma "personalidade" próprias, de acordo com a espécie e suas características. A versão mais recente do sistema faz a comunicação com o *site* de rede social *Twitter*, de forma que a cada mudança no estado da planta, é publicada uma mensagem no *site*, de acordo com a situação monitorada pelo sensor de umidade. O próprio *Twitter* tem a alternativa de não só publicar a mensagem na Web quanto enviar uma mensagem de texto para o telefone celular de quem estiver na rede de relacionamentos da planta.

⁴⁶ <http://www.tsiprism.com/>

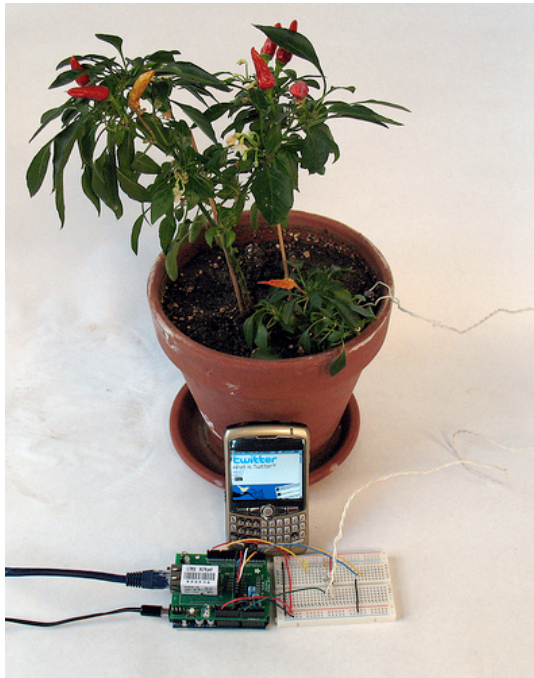


Figura 13: *Botanicalls*. O sistema envia mensagens por telefone e para o *site Twitter*, informando o estado de plantas domésticas (fonte: <http://www.botanicalls.com>).

Além de plantas domésticas, a computação pervasiva também já facilita a comunicação entre mães, pais e seus futuros filhos. Através de uma cinta com sensores de movimento, o sistema *Kickbee* permite perceber quando um bebê se movimenta, ainda na barriga de sua mãe. Os sensores se comunicam remotamente com um computador, que analisa os movimentos percebidos. Quando interpretados como um chute, o sistema dispara uma mensagem para o *site Twitter*, que pode enviar mensagens de texto para os telefones celulares do pai e da família do casal, ou quem mais tiver interesse em ser informado da movimentação do bebê – para isto, basta solicitar ser incluído na rede de contatos do bebê no *site Twitter*. De acordo com os criadores do *Kickbee*, a idéia é permitir que mesmo à distância, a família possa participar do desenvolvimento da criança ainda no útero, algo que normalmente é sentido apenas pela mãe ou por quem estiver tocando sua barriga no momento em que o bebê se movimenta.⁴⁷

⁴⁷ Mais detalhes sobre o projeto no *site* <http://www.kickbee.net>



Figura 14: *Kickbee*. A futura mamãe com a cinta que percebe os movimentos de seu filho, e dispara mensagens para a família através do *site* de rede social *Twitter*.

Percebe-se que a computação se insere na vida das pessoas de diversas formas, da mais íntima à mais coletiva, a serviço de propósitos tão diversos quanto fortalecer laços afetivos, quanto como mecanismo de coerção e controle. Dada a amplitude das aplicações possíveis, convém questionar quais os impactos de uma integração tão acentuada da computação com o nosso corpo, com nossos lares, com plantas, animais e com o ambiente construído.

2.2.3 Implicações da computação pervasiva

Há muita controvérsia sobre as implicações éticas, sociais e econômicas do uso desses sistemas (BOHN et al, 2005; GREENFIELD, 2006; HARPER, RODDEN, ROGERS e SELLEN, 2008; HOWARD, KJELDSKOV e SKOV, 2007; VAN KRANENBURG, 2008). Essas discussões têm ocorrido em fóruns distintos, entre profissionais ligados à indústria de bens e serviços de informática, acadêmicos e pesquisadores de áreas diversas como ciência da computação, design, sociologia, psicologia, arquitetura, além de instituições governamentais. O escopo das discussões é amplo, e uma análise aprofundada não se adequaria ao recorte dessa pesquisa. Entretanto, dado que essas questões impactam e interessam aos designers envolvidos com o projeto da experiência de uso desses sistemas, destacamos brevemente algumas das principais discussões que têm acompanhado o desenvolvimento da computação pervasiva. São elas:

- privacidade;
- controle sobre o sistema *versus* controle do sistema sobre nós;
- transparência sobre as transações em sistemas de computação ubíqua;

- necessidade de independência e prevenção a erros;
- substituições imprevisíveis de nossas capacidades naturais;
- necessidade de garantia de direito de acesso igualitário, independente de nível social, cultural ou financeiro;
- descompasso entre práticas sociais e o ritmo de desenvolvimento tecnológico;
- impacto ambiental e saúde;
- manutenção de rastros digitais involuntários;
- fim da estabilidade das interfaces e múltiplas possibilidades de interação com o ambiente digital;
- aumento de conectividade, implicando novas práticas sociais;
- configuração de novos espaços compartilhados;
- tendência a democratização dos meios de produção.

A seguir, cada um desses tópicos é discutido mais detidamente.

Privacidade

Em um ambiente de ubiqüidade computacional, poderemos ser constantemente “rastreados”, sendo possível que informações sobre nossa vida sejam armazenadas à nossa revelia. Essas informações podem se referir aos lugares por onde andamos, aos produtos que consumimos, às pessoas com as quais mantemos relações através dos dispositivos digitais, ou a dados biométricos sobre nosso corpo. Parece evidente a necessidade de discussão acerca do direito à privacidade. No entanto o discurso vigente normalmente trata essa questão como um “mal necessário”, advogando os benefícios que um sistema de tal natureza traria. As possibilidades de rastreamento e vigilância constante ocorrem de maneira cada vez mais discreta e eventualmente completamente ignorada pelas pessoas⁴⁸, o que têm feito com que muitos associem esse cenário à visão de Foucault sobre o Panóptico de Jeremy Bentham. De qualquer forma, devemos ter garantido o direito de permanecermos “invisíveis” ao sistema, o direito

⁴⁸ Atualmente, embora ainda não estejamos vivendo plenamente a computação ubíqua, os diversos sistemas em funcionamento já implicam um cenário de vigilância e controle, mesmo que não intencionalmente. Podemos citar como exemplo o *Google Earth*, um programa que, através de imagens de satélite, permite aos seus usuários visualizar quase qualquer ponto do planeta sem sair de casa. Uma variação do programa chamada *Google Street View* permite ainda maior proximidade (ao nível da rua, diz a comunicação da empresa responsável pelo produto). Há registros de pessoas que entraram com ações judiciais contra a empresa Google, por terem sido fotografadas em situações delicadas que posteriormente foram exibidas no programa, como o marido adúltero, cuja esposa descobriu sua traição ao bisbilhotar uma amiga e ver o carro do marido estacionado em frente a sua casa no meio da tarde, quando supostamente deveria estar em uma viagem de negócios. Recentemente, uma imagem de um jovem britânico vomitando em uma rua de Londres provocou protestos entre os internautas ingleses e obrigou a empresa Google a retirar o arquivo do ar. (PELO GOOGLE, BRITÂNICA FLAGRA MARIDO NA CASA DE AMANTE E PEDE DIVÓRCIO. G1: Tecnologia / Privacidade, 31 março 2009)

de escolher que informações queremos tornar disponíveis, e o direito de permitir ou não o armazenamento dessas informações para usos futuros.

Controle

Em um mundo no qual estamos cercados de objetos inteligentes, trocando informações entre si e atuando de maneira semi-independente, é difícil saber até que ponto estamos no controle e até que ponto estamos a mercê destes sistemas. É fundamental, portanto, que os sistemas permitam nossa intervenção. Um exemplo para ilustrar esta situação: é possível que num futuro próximo os carros tenham sistemas inteligentes que percebam o entorno, identificando se em determinado lugar é permitido estacionar – uma simples etiqueta de rádiofreqüência no local poderia passar essa informação para o carro. Em locais onde o estacionamento não fosse permitido, o sistema poderia simplesmente se “negar” a desligar o carro, forçando o motorista a buscar outro lugar para estacionar. No entanto, o sistema deve permitir que essas regras sejam quebradas, uma vez que em uma situação de emergência na qual um passageiro estivesse necessitando de algum atendimento médico, poderia ser necessário parar o carro imediatamente, independente de estar em um local impróprio para estacionar. Assim, é fundamental que possamos ter garantido o controle sobre o sistema, mesmo que este atue de maneira discreta e sem nossa manipulação direta.

Transparência

Um dos princípios defendidos por Weiser e Brown (1996) quando conceberam as bases da computação ubíqua, era a possibilidade de deslocamento das informações advindas dos sistemas computacionais entre o centro e a periferia de nossa atenção. A tecnologia deveria atuar na periferia, de maneira discreta e demandando pouco esforço cognitivo, mas ainda assim, perceptível. A consciência de que os sistemas estariam atuando é um ponto claro na proposta original de Weiser e Brown. No entanto, parte das propostas relativas à pervasividade computacional não parecem se preocupar com esta prerrogativa, colocando os sistemas em operação de maneira quase invisível, tomando decisões por conta própria para que tenhamos nossa atenção voltada para fora. Embora a motivação seja nobre, buscando aprimorar nossa interação com o mundo digital sem nos sobrecarregar com informações, é importante que tenhamos consciência das operações que venham a ocorrer. Por outro lado, mesmo que tenhamos acesso e consciência das informações e operações em andamento, é difícil dizer qual será nossa real capacidade de tomar decisões a respeito, de processá-las

em meio ao caos de nossas atividades cotidianas. Paradoxalmente, embora muito provavelmente não tenhamos condições de administrar o fluxo de dados em um mundo repleto de objetos inteligentes, devemos ter acesso a essas informações e poder de decisão sobre elas.

Gerenciamento de complexidade

Se diversos dispositivos estiverem interagindo simultaneamente em um ambiente dinâmico, como garantir uma hierarquia clara de instruções? O que ocorre quando um novo componente é inserido em um contexto repleto de sistemas operando ao mesmo tempo? Será possível administrar a complexidade de tais transações? De que maneira podemos, como designers de interação, contribuir com essa questão?

Dependência e prevenção a erros

É inegável que estamos cada vez mais dependentes da tecnologia computacional. A questão não é apenas se podemos viver sem Internet, sem telefones celulares, sem computadores; a questão na verdade é se **queremos** viver sem Internet, sem telefones celulares, sem computadores. Ao que parece, chegamos a um ponto em que já não nos é mais possível viver sem a tecnologia computacional: ela é parte do que nos define enquanto sociedade, enquanto tecnocultura, isto é, uma cultura que é construída na sua relação com o aparato tecnológico que produz, consome e utiliza (STERLING, 2005). Cruzamos o que Bruce Sterling chama de linha de não-retorno, isto é, a condição atual de nossa relação com a tecnologia computacional e a infra-estrutura necessária para sua produção, circulação e consumo chegou a um ponto em que não é possível voltar atrás:

sabemos que houve uma revolução na tecnocultura quando esta tecnocultura não pode mais voluntariamente voltar à condição tecnocultural anterior (STERLING, 2005, p.9, tradução minha)⁴⁹.

É claro que há diferentes graus de dependência. Muitas pessoas podem ainda optar por não ter telefones, por não acessar a Internet. De qualquer forma, em alguns casos simplesmente não temos escolha ou alternativa possível. Quem já teve a experiência frustrada de não poder realizar operações bancárias simples como retirar um extrato ou sacar uma quantia qualquer em uma agência pelo fato do sistema estar fora do ar, sabe como ficamos dependentes das tecnologias computacionais.

⁴⁹ We know there has been a revolution in technoculture when that technoculture cannot voluntarily return to the previous technocultural condition.

Um dado preocupante dessa dependência é o fato de que computadores estão sujeitos a erros e falhas – por problemas de *hardware*, por dificuldades de acesso às redes de informação, por erros de programação etc. É de se esperar que em um ambiente repleto de dispositivos dotados de sistemas computacionais, venham a ocorrer erros em algum momento. Assim, é fundamental que tenhamos opções para operar “fora” do sistema em caso de pane, de maneira a não ficarmos totalmente dependentes. Da mesma forma, é preciso que haja um debate sobre qual o limite aceitável para a utilização de computadores em nosso dia-a-dia.

Substituições imprevisíveis

Marshal McLuhan (1979) alertava sobre como os meios de comunicação tornam-se extensões de nossas faculdades e habilidades naturais. O uso intenso da computação, a capacidade de armazenamento e de processamento rápido de grandes quantidades de dados dos dispositivos computacionais, têm promovido não só extensões, mas substituições de nossas capacidades naturais. A incorporação de calculadoras em objetos tão corriqueiros como réguas escolares, relógios de pulso, pesos de papel e telefones, substituíram nossa capacidade de realizar operações matemáticas facilmente. A memória dos telefones celulares substitui nossa memória para números: se outrora éramos capazes de memorizar diversos números de telefone, hoje é provável que muitos de nós guardem não mais do que 10 números na memória.

Essas substituições, é claro, não foram planejadas. De qualquer forma, ao que parece a quantidade de informações e estímulos aos quais estamos expostos diariamente tem aumentado de tal forma, que delegamos aos computadores parte das atividades que outrora fazíamos mentalmente. A intensificação do uso de sistemas computacionais, em nome de uma suposta praticidade, poderá promover substituições imprevisíveis, especialmente quando a computação passar a se integrar a situações e objetos ainda inusitados para nós – e mesmo ao nosso corpo. Assim, é preciso também questionar qual o limite para a substituição de atividades mediadas pelo homem por atividades mediadas pelo computador.

Direito de acesso e Permissões de uso

A manutenção de um sistema de informações tão complexo terá um custo. Como garantir que todos tenham as mesmas oportunidades de acesso aos objetos e informações desse sistema, ainda é uma questão em aberto. Ao que tudo indica, a computação ubíqua não beneficiará da mesma forma pessoas que estejam menos capacitadas a operar sistemas computacionais, ou que não tenham

acesso a parte dessa tecnologia – embora seja provável que os impactos da computação pervasiva repercutam em toda a sociedade, independente do grau de familiaridade ou de aproximação com essas tecnologias.

Convém ressaltar, no entanto, que essa desigualdade de acesso é resultado de um processo anterior, cuja origem se dá no nível social, cultural e educacional das populações envolvidas (CASTELLS, 2000,2003). Embora as tecnologias computacionais tenham o potencial de diminuir essas desigualdades – não só pela possibilidade de comunicação e trocas culturais sem controle que propiciam, mas também pela facilidade de adaptação e customização latentes nas interfaces computacionais – até o momento não há indícios de que isso vá acontecer, sendo mais provável que sejam utilizadas de maneira a acirrar a divisão de classes existente hoje.

Dessincronização sócio-tecnológica

A tecnologia computacional avança a uma velocidade que não tem sido acompanhada em igual medida no que se refere às práticas sociais, econômicas e culturais. Isto porque o ritmo das mudanças é cada vez mais acelerado, de forma que parecemos estar constantemente nos adaptando a mudanças que se sobrepõem umas as outras. As normas de conduta sociais, normalmente construídas organicamente na dinâmica do cotidiano, estão em processo, mas ainda assim em um ritmo que não parece acompanhar a velocidade da inovação tecnológica.

Além dessa dessincronização, há ainda o problema de que nem sempre os fatores culturais e particularidades de cada contexto no qual a tecnologia é utilizada são considerados ou fazem parte da concepção dessas mesmas tecnologias. Na prática, o que vem ocorrendo é a exportação em escala global de um modelo único, cujas variações e adaptações locais dependem mais da criatividade dos seus usuários em quebrar e rearranjar a lógica do aparato tecnológico a sua disposição, do que uma preocupação original em contemplar as idiossincrasias dos diferentes grupos sociais.

É importante questionarmos qual o impacto que a computação pervasiva terá em nossas vidas, que mudanças promoverá na maneira como nos relacionamos, e buscar critérios que permitam fazer esse tipo de avaliação de forma localizada. Caso contrário, seremos mais uma vez forçados a nos adequar a tecnologias que desconsideram fatores culturais de diferentes contextos durante seu desenvolvimento.

Impacto ambiental e saúde

Se cada objeto passar a ter componentes eletrônicos e dispositivos de comunicação, provavelmente teremos maior dificuldade em descartar esses produtos, tornando o reaproveitamento e a reciclagem de materiais mais complexa. A dita sociedade da informação aumentou consideravelmente o consumo de energia e materiais para a produção de seu aparato tecnológico (WILLIAMS, AYRES e HELLER, 2002), o que, somado ao estímulo à substituição de tecnologias a períodos cada vez mais curtos, pode significar o acirramento do desequilíbrio ambiental de forma assustadora⁵⁰. O projeto de objetos inteligentes deve levar essa questão em consideração.

Além disso, não há até o momento consenso algum sobre os efeitos no organismo humano por uma exposição prolongada a dispositivos eletromagnéticos. Considerando que em ambientes repletos de sistemas de comunicação remota estaremos expostos a campos eletromagnéticos de forma mais intensa, é lícito que tenhamos informações sobre os riscos à nossa saúde.

Rastros digitais

Uma decorrência de usarmos cada vez mais intensamente dispositivos computacionais para registrar fatos de nosso cotidiano, e de produzirmos cada vez mais conteúdo digital, é que deixamos rastros digitais de nossas vidas, mesmo que nem sempre de forma consciente. As gerações mais jovens inclusive experimentam o mundo cada vez mais através das redes que se estabelecem no ambiente *online*, sendo comum compartilharem informações pessoais através desses meios. No entanto, é pouco claro qual o impacto de tais hábitos a longo prazo.

Nossos mecanismos de memória são seletivos, de maneira que ao longo do tempo esquecemos informações menos importantes, e “escolhemos” o que merece ser lembrado. O tempo e a distância possibilitam interpretações diferentes dos fatos. Algumas vezes mecanismos psicológicos atuam de maneira mais complexa, fazendo com que esqueçamos de determinadas situações como forma de proteção.

⁵⁰ O consumo de materiais e energia envolvido na produção das tecnologias computacionais é pouco conhecido, mas seus números são impressionantes. A produção de um *microchip* com 32 Megabytes de memória consome 1,59 Kg de combustível fóssil, 70 gramas de produtos químicos, 32 litros de água, 68 gramas de gases (principalmente nitrogênio). A quantidade de material consumida equivale a cerca de 630 vezes do peso final do produto. A energia gasta na fabricação deste componente, assim como o consumo de energia ao longo de toda a sua vida útil, equivale ao consumo de 800 vezes o seu peso em combustível fóssil. Além disso, a quantidade de produtos químicos de alta toxicidade utilizados na produção dos componentes computacionais é da ordem de milhares. (WILLIAMS, AYRES e HELLER, 2002).

A memória digital, por outro lado, não funciona dessa forma. Informações tornadas públicas no ambiente digital têm o potencial de sobreviver indefinidamente⁵¹, e em alguns casos os rastros digitais deixados para trás podem ser um problema no futuro⁵². É curioso notar que nossos rastros digitais permanecem mesmo após a nossa morte⁵³.

Com o desenvolvimento da computação pervasiva, será cada vez maior o uso de sistemas que registram aspectos mundanos de nosso cotidiano. Mesmo hoje em dia, uma pessoa que utilize com frequência a Web — realizando compras *online*, mantendo contato com seus amigos em *sites* de redes sociais, mantendo atualizado seu perfil profissional em *sites* de currículos, tornando públicas suas fotos, vídeos etc. — provavelmente já deixou um rastro que permite que se saiba com razoável precisão muitas informações de sua vida pessoal. Sem muito esforço, cruzando todos esses dados, é possível descobrir com quem esta pessoa se relacionou, que tipo de relação teve, o que gosta de ler, o que costuma comprar, quanto costuma gastar, em que cidade (ou bairro, ou mesmo rua) mora, as empresas nas quais trabalhou, os lugares onde esteve, o que gosta de ver, os assuntos que lhe interessam. Entretanto, com a computação pervasiva operando no pano de fundo de nossas vidas, nem sempre teremos consciência de quais informações fornecemos, de como essas informações serão usadas no futuro, assim como nem sempre teremos controle sobre quem vai acessar essas informações.

⁵¹ Há controvérsias sobre a longevidade das informações digitais. Sabe-se que as mídias digitais têm uma vida útil curta, sendo necessário migrar dados constantemente de um suporte para o outro, e em alguns casos, de um sistema operacional para outro, ou ainda de uma linguagem computacional para outra. São processos dispendiosos e durante os quais muitas vezes há perda de informação de forma irreparável. Por outro lado, há quem veja na possibilidade de reprodução e distribuição quase sem controle do ambiente *online* uma forma de preservação dos dados. As informações estariam supostamente preservadas por serem constantemente reproduzidas, e espalhadas em múltiplos suportes simultaneamente. De maneira geral, entre os profissionais que tratam seriamente da preservação de acervos, acredita-se que a informação em formato digital é adequada para facilitar o acesso e distribuição, mas é extremamente frágil no que se refere à durabilidade e preservação.

⁵² No fim de 2008, uma pesquisa do *site* internacional CareerBuilder.com, feita com 3.169 executivos da área de Recursos Humanos, mostrou que um em cada cinco empregadores investiga a vida dos candidatos em *sites* de relacionamento, como o Orkut, naquela época o mais popular dessa categoria no Brasil. A pesquisa apontou ainda que um terço desses possíveis empregadores descarta os concorrentes com base nas informações que descobre. (<http://extra.globo.com/economia/materias/2009/05/23/na-busca-por-emprego-orkut-pode-ser-pedra-no-caminho-756002609.asp>)

⁵³ Recentemente o *site* de rede social Facebook tornou possível alterar o perfil de usuários falecidos criando perfis "Tributo" (<http://www.estadao.com.br/noticias/tecnologia,facebook-passa-a-ter-perfis-especiais-para-membros-que-morreram,457265,0.htm>). Até então, na maioria dos casos, a presença *online* de pessoas falecidas permanecia inalterada, uma vez que para o sistema o usuário ainda estaria ativo. É comum encontrar em *sites* desse tipo perfis de pessoas que, mesmo mortas, ainda recebem mensagens de seus amigos e familiares, especialmente nas datas de seu aniversário e falecimento. Este assunto é tema da tese de doutorado, em andamento durante a redação desta pesquisa, realizada por Mariana Santiago de Matos, junto ao Departamento de Psicologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Com a computação permeando — e rastreando — cada vez mais as ações de nosso dia-a-dia, essa questão será potencializada ainda mais.

Fim da estabilidade das interfaces / múltiplas possibilidades de interação com o ambiente digital

Uma das características mais evidentes da computação ubíqua é a mudança de paradigma no que se refere às interfaces com o ambiente digital. Se antes o *mouse*, o teclado e a tela do computador eram os principais meios de interação, a partir do momento em que virtualmente qualquer objeto pode ser uma porta de entrada para o ciberespaço, ampliam-se as possibilidades de mecanismos de interação. Depois de décadas de relativa estabilidade, é provável que tenhamos que reaprender o que significa interagir com sistemas digitais. Uma decorrência disso é que objetos que nos eram familiares podem vir a ter novas funcionalidades e exigir um reaprendizado para sua plena utilização. Objetos “comuns” poderão conter dispositivos computacionais, conectando-os ao ambiente digital e a outros sistemas, o que nos leva a perguntar: quando um objeto passa a ter novas possibilidades de uso com a computação pervasiva, sua interface muda? Ele passa a ser um outro objeto?

Como designers, teremos um papel fundamental em fazer essa transição entre os objetos comuns e sua versão “aumentada”.

Além dos objetos do cotidiano, vale lembrar que com a utilização de biosensores e implantes no nosso próprio corpo, os limites da interface homem-computador ficam ainda menos precisos. O corpo torna-se ao mesmo tempo usuário, interface e computador. Se a delimitação do que é a interface já não é tão clara, o que dizer sobre o controle sobre essas interfaces? Isso torna ainda mais complexa a função de perceber, planejar e permitir o controle sobre estes dispositivos incorporados ao homem, cada vez mais discretos, e sua interação com outros sistemas de informação.

Aumento de conectividade

Desde o surgimento da Internet até os dias de hoje, temos experimentado um aumento do tempo de permanência *online*⁵⁴. Isso se dá tanto pelo crescimento do número de atividades realizadas através da Internet, sejam elas relacionadas ao trabalho ou ao lazer, quanto pelo aumento de meios de acesso a

⁵⁴ Curioso notar que, apesar de não ser um dos países com maior número absoluto de pessoas que utilizam a Internet, em 2008 o Brasil figurava entre os cinco países que mais gastam horas conectados à grande rede por mês, ficando atrás apenas do Canadá, Israel e Reino Unido, e a frente dos EUA, segundo dados da comScore (<http://www.comscore.com>) veiculados pela Revista Época (Edição 17, Julho de 2008).

nossa disposição. Hoje é possível acessar a Internet praticamente em qualquer ponto das grandes cidades usando telefones celulares, o que amplia as possibilidades de uso para além da escola, do escritório e do ambiente doméstico. Além disso, a popularização de *sites* de redes sociais (como Orkut, Facebook, Flickr, Twitter) e de programas de mensagens instantâneas (*instant messengers*) tem colaborado para essa maior permanência na rede, pela mudança de perfil de uso, não mais voltado apenas para informação e trabalho, mas também para o entretenimento e manutenção de relacionamentos com outras pessoas.

Essa relação tende a aumentar mais ainda com a computação pervasiva, uma vez que os objetos e o ambiente poderão também ser portas de entrada para a Internet, colocando as pessoas em conexão constante. Uma das consequências dessa conexão ininterrupta é que estamos cada vez mais rastreáveis, localizáveis.

Neil Postman (1970) chama a atenção para o fato de que um meio de comunicação não é só um canal, ele cria um ambiente, um ecossistema próprio. A pré-concepção do meio (tanto física quanto simbólica) implica consequências sócio-culturais: cada ecossistema tem *conditions of attendance*, condições de uso particulares, nem sempre explícitas, que condicionam o uso desses ecossistemas. Assim, os meios de comunicação (e a tecnologia, os artefatos) trazem em si condições de uso, que por sua vez criam normas de conduta, comportamentos esperados, mais ou menos aceitos como comuns àquele ambiente/meio de comunicação.

Dado que estamos cada vez mais tempo conectados, a expectativa de comunicação imediata aumenta consideravelmente. Basta pensarmos: qual a expectativa de tempo de resposta para um email? É a mesma de cinco anos atrás? E a expectativa de resposta para uma mensagem de texto enviada por telefone celular? Ou uma mensagem em um *instant messenger*? O fato de termos a possibilidade de contato em qualquer lugar, a qualquer tempo, não deveria necessariamente implicar que isso ocorresse. Entretanto, é sabido que muitas pessoas têm dificuldade de se desconectar, de permanecer fora de alcance, simplesmente porque passaram a achar que o padrão corrente é estar disponível. Os telefones celulares, aos quais algumas pessoas insistem em atender mesmo em locais impróprios como cinemas, recitais de música, teatro, são um pequeno exemplo dessa lógica implícita do objeto, que pressupõe conexão ininterrupta.

Novos espaços compartilhados se configuram

Já se pode dizer que a utilização cada vez mais intensa da Internet, sua presença constante na vida de uma parcela considerável da população mundial,

tem colaborado para a criação de um novo espaço, não mais definido pela geografia ou pela demarcação política. A dinâmica social que ocorre nesse espaço é diversa, como nos alerta Nicolaci-da-Costa:

E o que acontece nesse espaço? Por ele circulam a informação e os bens imateriais. Como já foi mencionado, nele são também implementadas novas formas de vigilância, controle e poder. Mas isso não é tudo. [...] o ciberespaço também é o espaço no qual são colocadas em prática diferentes formas e manifestações de solidariedade, de coesão social, de resistência, de movimentos políticos, de vida comunitária, etc. É, ainda, [...] um espaço que se tornou o palco (imaginário mas vivido como real) de novas formas de vida que abrangem praticamente todas as áreas do nosso cotidiano: trabalho, educação, lazer, informação, conversas intelectuais, bate-papos informais, sedução, paquera, namoro, solidariedade, etc. (NICOLACI-DA-COSTA, 2005)

Como dito anteriormente, cada dispositivo traz em si condições de uso particulares, que implicam diferentes estratégias para sua utilização. Um computador do tipo *desktop* dificilmente será usado em trânsito, em mobilidade. Da mesma forma, a comunicação entre pessoas por este meio normalmente é discreta, não interrompendo necessariamente a dinâmica a seu redor. O mesmo não pode se dizer dos telefones celulares, por exemplo. A interrupção de atividades externas para se comunicar por telefone é evidente, ao mesmo tempo em que pode ocorrer a qualquer momento e situação, mesmo em movimento, ao contrário da comunicação via computador *desktop*.

Os limites entre situações e espaços ficam difusos, tornando-se difícil distinguir a casa do trabalho, o que é privado e o que é público, o que é pessoal e o que é coletivo (NICOLACI-DA-COSTA, 2005). Assim, embora essas tecnologias tenham colaborado para a criação de espaços virtuais colaborativos, cada situação apresenta particularidades distintas, cujas características específicas ainda carecem de pesquisa mais sistemática. O que fica claro no entanto é que uma nova configuração do espaço está em curso, não mais ditada pelas distâncias físicas. Ao mesmo tempo, novas convenções e normas de conduta emergem. Novas organizações sociais e agrupamentos se dão, mediadas pelas tecnologias computacionais. Dentro desses espaços compartilhados no ambiente *online*, um novo sentido de “comunidade” e novos modelos de participação e colaboração se estabelecem.

Democratização dos meios de produção

Se por um lado há uma tendência a uma participação limitada de outras culturas no desenvolvimento da computação pervasiva, uma vez que normalmente os grandes centros de pesquisa envolvidos com o projeto dessas tecnologias encontram-se nos países desenvolvidos, ao mesmo tempo vivemos hoje um mo-

mento de descentralização e democratização dos meios de produção. Isso não se dá de maneira sistemática e estimulada explicitamente pelas empresas ou centros de pesquisa, mas sim pela popularização da cultura *hacker*, do aumento de alternativas *open source* no desenvolvimento de *software* e *hardware*, e dos espaços de colaboração que se estabelecem organicamente no ambiente *online*.

São cada vez mais comuns iniciativas colaborativas, abertas ao público, como a de Massimo Banzi, um dos criadores do placa de circuito Arduino⁵⁵, utilizada em diversos projetos experimentais de computação ubíqua em todo o mundo e um grande sucesso na comunidade DIY⁵⁶, dada a sua facilidade de uso e de produção. Os planos e esquemas necessários para a produção de uma placa Arduino estão disponíveis *online* para qualquer pessoa que tenha interesse, sem que seja necessário desembolsar um centavo para isto. A comunidade ligada à criação de sistemas e *hardware* tem participado inclusive no incremento e melhorias da invenção de Banzi, num processo aberto em que todos são beneficiados (THOMPSON, 2008).

No Brasil, merece destaque o trabalho do grupo MetaReciclagem, uma rede distribuída que atua desde 2002 no desenvolvimento de ações de apropriação de tecnologia, de maneira descentralizada e aberta. Segundo Felipe Fonseca, um dos criadores dessa rede, a MetaReciclagem "sempre teve por base a desconstrução do hardware, o uso de software livre e de licenças abertas, a ação em rede e a busca por transformação social" (FONSECA, 2008). Esta é uma experiência local de um fenômeno que tem se repetido em diversos países, com formatos e intensidades distintas, mas que apontam uma tendência clara à democratização dos meios e à apropriações imprevistas da tecnologia.

⁵⁵ Arduino é uma placa controladora que pode ser usada para fazer a comunicação entre diversos componentes eletrônicos de entrada (sensores, botões, chaves etc.) e saída de dados (luzes, motores, auto-falantes etc.). O Arduino é capaz de realizar o processamento dos dados recebidos pelo sensores, embora esse processamento seja limitado pela baixa quantidade de memória do sistema. A programação da placa, que define como ela vai tratar as informações de entrada e saída, isto é, como ela vai operar os diversos componentes do sistema, é feita através de uma linguagem simples baseada no Processing (linguagem de programação desenvolvida por Ben Fry). Pela facilidade de programação e pela facilidade e montagem de pequenos sistemas a partir de componentes eletrônicos de baixo custo, o Arduino tem sido muito utilizado como ferramenta de prototipagem em projetos de dispositivos interativos tangíveis. A partir da disseminação do Arduino como plataforma de prototipação, foram desenvolvidos diversos componentes complementares que ampliaram enormemente as possibilidades de aplicação dessa tecnologia, permitindo por exemplo a transmissão de dados via internet, via *wi-fi*. Também foram criados diferentes formatos para a placa controladora, variando a escala e configuração dos componentes de maneira que hoje é possível desenvolver inclusive vestimentas com componentes computacionais baseadas na plataforma Arduino. É sem dúvida a plataforma mais popular em cursos de *interaction design*.

⁵⁶ DIY, *Do It Yourself*, faça você mesmo, refere-se a uma prática de criação autônoma, sem auxílio de especialistas ou profissionais. No contexto da cibercultura, está normalmente associado à cena *hacker* e ao que se conhece como "fundo de garagem", isto é, ambientes de produção com o mínimo de infra-estrutura necessária para o trabalho a que se propõem.

* * *

Neste primeiro capítulo, apresentamos um panorama da computação ubíqua, destacando as características que possibilitam que esta nova etapa da tecnologia computacional seja implantada em nossa sociedade, infiltrando-se em nosso cotidiano de maneira imperceptível.

Como vimos, a ubicomp preenche os requisitos básicos que tornam uma tecnologia onipresente:

- possui uma interface fácil de usar – no caso da ubicomp, não apenas uma, mas diversas interfaces, fazendo parte dos objetos de nosso dia-a-dia;
- é aplicável em diferentes contextos;
- está inserida na vida do cidadão comum

Também vimos que, embora ainda não esteja presente de maneira plena em nossa sociedade, já há iniciativas isoladas que, uma vez combinadas, indicam ser mera questão de tempo para que a computação ubíqua torne-se viável comercialmente. Dentre estas iniciativas, destacam-se:

- o aumento da capacidade de processamento dos componentes computacionais, e a manutenção de um custo de produção relativamente estável, possibilitando dotar objetos corriqueiros de poder de processamento digital;
- a evolução e disseminação de protocolos e meios de transmissão de dados em redes sem fio;
- a possibilidade de identificação e localização de qualquer objeto existente através do protocolo IPv6 e das etiquetas RFID, permitindo a criação de pontes entre átomos e bits;

Vimos ainda algumas questões que têm acompanhado esta etapa da evolução das tecnologias computacionais. Ao que se percebe, a computação pervasiva impactará diversas instâncias de nossas vidas, indo do nível mais geral e coletivo, ao mais individual. A ubiquidade computacional permite novas conexões do homem com o ambiente, com plantas, animais, e até mesmo com seu próprio corpo, que passa a ser uma parte indistinguível do sistema. Esta amplitude de aplicações tem gerado discussões sobre os impactos da *ubicomp*. Algumas dessas questões foram tratadas aqui, a saber:

- privacidade;
- controle sobre o sistema *versus* controle do sistema sobre nós;
- transparência sobre as transações em sistemas de computação ubíqua;
- necessidade de independência e prevenção a erros;
- substituições imprevisíveis de nossas capacidades naturais;

- necessidade de garantia de direito de acesso igualitário, independente de nível social, cultural ou financeiro;
- descompasso entre práticas sociais e o ritmo de desenvolvimento tecnológico;
- impacto ambiental e saúde;
- manutenção de rastros digitais involuntários;
- fim da estabilidade das interfaces e múltiplas possibilidades de interação com o ambiente digital;
- aumento de conectividade, implicando novas práticas sociais;
- configuração de novos espaços compartilhados;
- tendência a democratização dos meios de produção.

Convém ratificar que muitas das questões levantadas não são exclusivamente questões de design. Pelo contrário, muitas delas são de ordem política, econômica, social, devendo ser discutidas amplamente não só entre os profissionais diretamente envolvidos, mas entre diversos setores da sociedade. Outras questões são essencialmente técnicas, cabendo mais à Ciência da Computação. Entretanto, aos designers de interação interessa participar desse debate, uma vez que não é possível desconsiderar o contexto dentro do qual o desenvolvimento da computação pervasiva está ocorrendo. A natureza multidisciplinar do design, a sua relação com a técnica e com os aspectos produtivos, aliada ao projeto da interface de uso, e portanto, preocupado tanto com aspectos subjetivos e cognitivos do indivíduo ao qual se destina o produto criado, como também com o contexto social no qual se dá a interação do usuário com o produto, fazem com que naturalmente nosso olhar seja abrangente.

O momento para essa discussão não poderia ser mais propício. Como vimos, há uma forte tendência para a adoção da computação pervasiva em diferentes instâncias de nosso cotidiano. A intensificação do uso de sistemas de informação na sociedade contemporânea, aliada ao forte investimento das empresas de tecnologia, interessadas em ampliar seus mercados e o leque de produtos que oferecem ao consumidor, indicam que é mera questão de tempo até que o cenário descrito anteriormente venha a se instituir na vida do cidadão comum. Por outro lado, pela própria rapidez da evolução e da utilização desses sistemas, as práticas sociais relativas ao uso da computação pervasiva (ainda) não estão consolidadas. A tecnologia computacional se desenvolve e se infiltra no nosso cotidiano tão rapidamente que extrapola nossa capacidade de repensar nossos hábitos e com isso não se consegue "educar" as pessoas sobre o seu uso, o que ressalta a importância de participarmos desse momento histórico mais ativamente.

Em que pesem as condições de uso da tecnologia atual, é da natureza humana resignificar os objetos, criar “linhas de fuga”. A apropriação das tecnologias computacionais se dá de maneira diversa em cada contexto cultural, o que deve ser visto não como um problema, mas uma característica de nossa sociedade, e ainda, como uma oportunidade de aprendizado. Como destaca Gary Marsden, é fundamental garantir a participação de pessoas com diferentes valores culturais, níveis de conhecimento, educação, familiaridade com sistemas computacionais, desde o início do processo de design.

Assim, baseado em nossa recente experiência, nós recomendamos que você não se desespere se os usuários não se apropriarem da sua tecnologia da maneira que você havia antecipado. Pelo contrário, aceite a incerteza e incorpore-a ao sistema de maneira que os usuários possam modificar a tecnologia para atender as suas necessidades. [...] Ao permitir que os usuários contribuam com qualquer forma de informação para o sistema, nós criamos espaço para que eles explorem meios de se apropriar da tecnologia. (MARSDEN, 2009, p.69, tradução minha)⁵⁷

O design de interação pode contribuir para buscar soluções que garantam a segurança, a integridade, a facilidade de uso, o prazer, a beleza, o entendimento e a diversidade cultural do homem em contextos de pervasividade computacional. Como destacam Harper, Rodden, Sellen e Rogers (2008) as tecnologias computacionais não são neutras – elas estão carregadas de valores humanos, culturais e sociais. Precisamos, no entanto, definir uma agenda para a interação humano-computador no século XXI – uma agenda que antecipe o impacto das tecnologias ao invés de simplesmente reagir a elas.

Essa preocupação deve pautar a nossa visão do que vem a ser a computação pervasiva, de maneira a colocar os valores humanos no centro das discussões sobre o papel da tecnologia em nossas vidas, como sugere John Thackara:

Não podemos parar a tecnologia, e nem há porque devêssemos fazê-lo. A tecnologia é útil. Mas precisamos mudar a agenda de inovação de maneira que as pessoas venham antes da tecnologia. (THACKARA, 2005, p.4, tradução minha)⁵⁸.

⁵⁷ Therefore, based on our recent experience, we recommend that you not despair if users do not appropriate your technology in the way you anticipated. Rather, embrace uncertainty and build it in to the system so that users can modify the technology to meet their needs. [...] By allowing users to contribute any form of information to the system, we created the space for them to explore ways of appropriating the technology.

⁵⁸ We cannot stop tech, and there's no reason why we should. It's useful. But we need to change the innovation agenda in such a way that people come before tech.