

GEMINIS

[DOSSIÊ - INTERNET PÓS-WEB: A INTERNET DAS COISAS]

DESVELANDO A INTERNET DAS COISAS

LUCIA SANTAELLA

Pesquisadora 1 A do CNPq, professora titular na pós-graduação em Comunicação e Semiótica e na pós-graduação em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (PUC-SP). Doutora em Teoria Literária pela PUC-SP e Livre-docente em Ciências da Comunicação pela USP. Publicou 39 livros, entre os quais: Matrizes da linguagem e pensamento. Sonora, visual, verbal (Iluminuras/Fapesp, Prêmio Jabuti 2002), Mapa do jogo. A diversidade cultural dos games (org., Ed. Cengage Learning, Prêmio Jabuti 2009), e A ecologia pluralista da comunicação (Paulus, prêmio Jabuti 2011). Recebeu ainda os prêmios Sergio Motta em Arte e Tecnologia (2005) e Luis Beltrão, maturidade acadêmica (2010).

E-mail: lbraga@pucsp.br

ADELINO GALA

Doutorando e mestre (2012) em Tecnologias da Inteligência e Design Digital, PUC-SP. Possui graduação em Administração de Empresas pela FAAP (2003) e fez MBA Executivo da Construção Civil na FGV-SP (2006). Atual pesquisa acadêmica está concentrada em internet das coisas, ciências da computação, redes, semiótica e realismo especulativo. Atuou como professor convidado das Faculdades Integradas Rio Branco de 2009 a 2012. É consultor de empresas desde 2008 nas áreas de inovação, tecnologias digitais e desenvolvimento de lideranças.

E-mail: adelinogala@gmail.com

CLAYTON POLICARPO

Mestrando em Tecnologias da Inteligência e Design Digital, PUC-SP e especialista em Estéticas Tecnológicas, pela mesma instituição. Graduado em Arquitetura e Urbanismo, PUC-MG, atua na concepção e desenvolvimento de sistemas hipermidiáticos e material de comunicação visual. As principais áreas de interesse são estéticas tecnológicas, hipermídia, comunicação ubíqua, mapas colaborativos, internet das coisas.

E-mail: clayton.policarpo@gmail.com

RICARDO GAZONI

Mestrando em Tecnologias da Inteligência e Design Digital. Possui graduação em Engenharia Química pela Escola Politécnica – USP (1989). Atual pesquisa acadêmica está concentrada na aplicação da Semiótica Peirceana à Informática. Atua desde 1990 como consultor em informática.

E-mail: gazoni.ricardo@gmail.com

RESUMO

O presente artigo pretende relatar as origens da Internet das Coisas, seu estado de arte e evidenciar seus principais vetores. Para tal, o estudo percorrerá as eras midiáticas de Santaella (2007, p. 179-189), a par da discussão das máquinas de Turing, da arquitetura Von Neumann até chegar à Internet e seu estado atual, implementada nas coisas.

Palavras-Chave: Internet das Coisas; máquinas de Turing; arquitetura de Von Neumann

ABSTRACT

This article aims to describe the origins of the Internet of Things, its state of the art and highlight its main vectors. To this end, the study will travel Santaella's eras of media (2007, p. 179-189), along with the discussion of Turing machines, the Von Neumann's architecture to reach the Internet and its current state, implemented on things.

Keywords: Internet of Things; Turing's machines; Von Neumann's architecture

AS ERAS MUDIÁTICAS

Santaella destaca cinco eras tecnológicas e seus dispositivos de mediação:

- os meios de comunicação de massa eletromecânicos;
- os eletroeletrônicos;
- o surgimento de aparelhos, dispositivos e processos de comunicação *narrow-casting* e pessoais;
- o surgimento dos computadores pessoais ligados a redes teleinformáticas;
- e os dispositivos de comunicação móveis.

Três momentos serão explorados na análise: suportes tecnológicos, programas e conteúdo, com o intuito de situar paralelamente o aparecimento gradativo da máquina de Turing, da arquitetura Von Neumann e da Internet.

As tecnologias eletromecânicas trouxeram os suportes da era da reprodutibilidade técnica. Exemplos desses suportes encontram-se nas linhas de produção dos jornais, nas câmeras fotográficas analógicas, nas filmadoras das primeiras gerações do cinema, telégrafos, telefones analógicos, entre outros. Suportes mecânicos não são programáveis, pois sua alteração implica a alteração de sua estrutura física.

O passo seguinte nos levou à era da difusão, na qual o rádio e a televisão tornaram-se os principais meios. O gigantismo da difusão foi possibilitado pelas tecnologias de transmissão e baixo custo para o público, o que acabou por desencadear a ascensão da cultura de massas. Os conteúdos do rádio e televisão deixaram de ser fixos: cada instante traz um novo conteúdo. Por isso, esses meios apresentam maior variedade, podendo, inclusive, transmitir texto falado, música, sons e, no caso da televisão, imagens diversas, enriquecendo o poder expressivo do que era transmitido. Investimentos, profissionais se multiplicaram na área.

Mais um passo e chegamos às tecnologias do disponível: controle remoto e as modificações que trouxe para a recepção televisiva, máquinas de Xerox e a possibilidade de quebrar e se apossar de partes da informação impressa, o *walkman* e a antecipação embrionária das mídias móveis atuais, televisão a cabo e vídeo cassete, tudo isso dando ao receptor a chance de buscar conteúdos de sua escolha.

O quarto período é caracterizado, então, pelo surgimento dos computadores pessoais, ligados a redes teleinformáticas. Computadores pessoais e telefones já estavam aí se hibridizando em uma mesma arquitetura de *hardware*. Aos *desktops* seguiram-se os *laptops* que se miniaturizaram ainda mais nos i-pads e i-phones, dando início, em curto espaço de tempo, a uma quinta era tecnológica. Além de permitir a comunicação *online*, esses aparelhos permitem a conexão contínua à internet, sem limites de espaço e de tempo.

A ESCALADA DO COMPUTADOR E DAS REDES

Enquanto evoluíam as mídias na superfície da cultura, nos subterrâneos, o computador realizava sua escalada. Na década de 1930, deu-se o aparecimento teórico da máquina de Turing na sua busca por mecanizar o potencial do pensamento humano para o cálculo. Porém o processo de maturação dessa tecnologia foi longo, emergindo primeiro em máquinas pré-programadas, como calculadoras para tomar forma mais definida em um suporte midiático programável, graças ao trabalho de Von Neumann na década de 1950. Essa nova arquitetura de *hardware* permitiu a implementação da máquina universal programável, na qual os programas – que, em última análise, viabilizam a comunicação -- podem ser transmitidos e alterados com a mesma facilidade com que se alteram os conteúdos que apresentam.

De fato, a evolução das técnicas de programação pode ser vista pela ótica da evolução dos programas cujos resultados são outros programas. A tecnologia de redes, responsável pela integração e conexão de máquinas e sistemas computacionais, também advém da era eletromecânica, presente nos telefones e telégrafos, mas com vida restrita apenas a esses tipos de dispositivos. A hibridização da máquina de Turing, ou máquina programável, arquitetura Von Neumann, ou arquitetura de *hardwares* programáveis e regidos por seus dados (que agora também podem ser programas), e redes, como a Internet, tiveram seu ponto central no quarto período midiático proposto por Santaella. É esse período que se coloca como um possível marco para o nascimento da discussão que hoje é encampada por pesquisadores sob a égide da Internet das Coisas e seus vetores constituintes têm seus fundamentos na máquina de Turing, arquitetura de Von Neumann e Internet.

A Ciência da Computação estuda os modos como um computador está fundamentado como máquina, além de diversos tipos de problemas cuja resolução pode utilizar a computação. Esses sistemas de processamento possibilitaram um avanço significativo no poder de pesquisa e pensamento principalmente nos aspectos lógicos redutíveis ao cálculo e passíveis de serem traduzidos em linguagem computacional. A

velocidade, a capacidade de processar gigantescas bases de dados e a economia em logística são uma das grandes contribuições que este campo trouxe para os experimentos.

A história predominante que relata seu nascimento, segundo Teixeira (1998), discorre sobre o surgimento da máquina de Turing em 1935. Em sua iniciativa para resolver “o problema da decisão” formulado por Hilbert -- que consistia em tentar encontrar um procedimento mecânico eficaz para provar se todas as afirmações que os enunciados matemáticos traziam como verdades poderiam ser de fato provadas --, Turing (1936) emergiu com uma ideia de máquina abstrata de cálculo universal, que tinha em sua base a formulação de uma lei geral simbólica como procedimento descritivo e sistemático para a resolução de problemas matemáticos.

Esse procedimento efetivo proposto por Turing transformou-se em um avanço no campo teórico da matemática e se tornou a base conceitual de todo campo da Ciência da Computação até os dias de hoje. Um olhar mais focado nas noções de algoritmo, máquina de Turing e nos problemas da parada da máquina podem lançar mais luz à questão.

Na busca por uma forma de cálculo lógico que oferecesse base matemática à ideia de realizar uma computação, foi necessário criar um conceito formal matemático que modelasse a maneira como o ser humano procede quando faz cálculos. O nome desse procedimento é algoritmo. O algoritmo, segundo Teixeira (1998, p. 20) é “um processo ordenado por regras, que diz como se deve proceder para resolver um determinado problema. Um algoritmo é, pois, uma receita para se fazer alguma coisa”.

A máquina de Turing é uma máquina hipotética capaz de realizar poucas operações simples, mas que serviu para criar a modelagem matemática dos algoritmos. Mais detalhadamente, a máquina de Turing se resume a uma máquina que possui uma fita de tamanho infinito, subdividido em pequenos quadrantes. Cada quadrante pode conter um conjunto finito de símbolos e um dispositivo mecânico (“*scanner*”) que pode ler, escrever e apagar os símbolos impressos na fita.

A forma de funcionamento da máquina de Turing é controlada por um algoritmo. Originalmente esse algoritmo era representado por um conjunto de estados e um conjunto de instruções, além da definição do estado inicial e do(s) estado(s) final(is). Para cada símbolo lido na fita, deveria haver uma instrução correspondente no estado em que a máquina se encontrava. Essa instrução definia o que a máquina deveria fazer (escrever algo, avançar ou recuar o “*scanner*”) e definir qual o novo estado da máquina. Nesse novo estado, seria feita a leitura do símbolo da fita, executada a instrução correspondente no novo estado, e assim sucessivamente. Essa representação foi substituída pelo que se denomina “programa” na ciência da computação. Esse algoritmo no forma-

to de um programa é mais parecido com uma receita composta por “um número finito de instruções” (ibid., p. 23), em que as possibilidades estão dentro de um determinado conjunto:

Imprima 0 no quadrado que passa pelo scanner
Imprima 1 no quadrado que passa pelo scanner
Vá um quadro para esquerda
Vá um quadro para direita
Vá para o passo i se o quadrado que passa pelo scanner contém 0
Vá para o passo j se o quadrado que passa pelo scanner contém 1
Pare.

Esse alfabeto computacional é composto por símbolos (nos modernos computadores, os símbolos são os algarismos 0 e 1). Não são os números naturais da matemática, mas números de um alfabeto que os representam, ou seja, códigos. Poderiam ser trocados por quaisquer outros algarismos, letras, funções matemáticas ou outros sinais simbólicos que não perderiam sua função codificadora.

A receita geral descrita acima constitui-se na base de toda construção linguística dos programas que são desenvolvidos na máquina de Turing, “um dispositivo virtual que reflete o que significa seguir os passos de um algoritmo e efetuar uma computação.” (ibid., p. 22)

Turing ainda demonstrou que há máquinas de Turing que podem simular a ação de qualquer máquina de Turing, bastando que essa segunda máquina funcionasse como um *input* da primeira. Como os caracteres de leitura (0 e 1) não eram necessariamente números matemáticos, mas sim *inputs* do *scanner* na fita, estes 0s e 1s poderiam ser interpretados como programas inteiros, num movimento no qual programas “rodam” programas. Essa maturação dos princípios de Turing permitiu a criação de computadores capazes de implementar essa máquina universal, permitindo à computação evoluir em capacidade de resolução de problemas.

A possibilidade de construir máquinas de Turing que simulam quaisquer outras máquinas de Turing levantou a questão de qual seria o limite do que poderia ser simulado em tal equipamento. O próprio Alan Turing sugeriu que talvez fosse possível implementar um mecanismo semelhante ao da inteligência humana numa máquina, propondo inclusive o famoso teste que leva seu nome para verificar o sucesso da empreitada (Turing, 1964). Os limites dos programas de computador, baseados em receitas finitas para que funcionem, não são muito bem conhecidos. Sabe-se que alguns problemas não têm solução computável, mas não há uma delimitação clara entre o que é e o que não é computável. Além disso, mesmo problemas cuja solução é reconhecidamente

computável não são solucionados porque a solução não é viável com a tecnologia disponível atualmente. Isso não é necessariamente ruim. Um exemplo é o da fatoração de grandes números: essa dificuldade é aproveitada para os algoritmos de criptografia em comunicações confidenciais via internet, como o internet banking.

Quando avançamos também para a questão das relações da máquina com o ambiente externo, encontramos problemas cuja solução tem se mostrado de difícil implantação. Por exemplo, na construção de algoritmos visuais, pequenas variações de formas no contexto podem levar os algoritmos conhecidos hoje a situações difíceis de resolver na tecnologia atual. O elevado custo dessa solução parece ser a razão pela qual o reconhecimento dos objetos na Internet das Coisas não é simplesmente visual. Movimentos artísticos como *The New Aesthetic* vêm explorando a ideia da saturação da realidade com padrões facilmente reconhecíveis por dispositivos computacionais, com o intuito de que isto simplifique e torne mais econômica a construção de algoritmos visuais. É muito mais fácil um *drone* reconhecer uma *tag* em uma ou várias árvores do que carregar um *software* altamente complexo que tente reconhecer a árvore em si.

Entre os problemas que são reconhecidamente não-computáveis, há o prosaico caso de não haver um programa capaz de verificar se qualquer programa está procedendo de maneira finita (ou seja, “corretamente”). Tal teorema foi demonstrado por Turing 1936 em sua “demonstração sobre o teorema da parada da máquina” (Teixeira, *ibid.*, p. 153), e deixa-nos com o fardo de estarmos sempre sujeitos a “erros de programação”.

O algoritmo, portanto, é um ato descritivo que contempla todas as ações que devem ser tomadas, de maneira não ambígua. O algoritmo, por ser uma tradução de uma regra de cálculo formal e geral para produzir determinada coisa, apenas computa o que foi programado e o repete indefinidamente.

Computadores eletrônicos são, portanto, implementações de máquinas de Turing universais: máquinas reais que executam os mesmos procedimentos simples de uma máquina de Turing universal, capaz de simular qualquer máquina de Turing. Nesse contexto, a importância da arquitetura introduzida por Von Neumann é que esta permitiu que o algoritmo (programa) a ser executado seja tratado da mesma forma que os dados lidos e escritos pelos próprios programas.

O alcance dessa mudança vai além da flexibilidade, pois facilitou a adoção de uma arquitetura de *software* em camadas (Trossen, 2012, p 48). Nessa arquitetura, o controle do equipamento não precisa ser efetuado por um único algoritmo. Vários algoritmos (camadas de *software*) convivem na memória do sistema, cada um com sua função segregada: controle de vídeo, teclado, disco rígido, acesso à rede. A cada momento, um algoritmo controlador comanda a execução do algoritmo especializado necessário. Isso

facilitou imensamente a evolução da indústria da computação, na medida em que permitiu o surgimento de fornecedores especializados em componentes do equipamento. Para implantar um novo componente não é mais necessário construir um novo computador, basta acoplar o novo equipamento e disponibilizar o algoritmo necessário para acioná-lo. A flexibilidade decorrente da arquitetura de Von Neumann então se estende, aumentando a flexibilidade do próprio equipamento.

Adicionalmente, a arquitetura em camadas facilitou a implantação de soluções que facilitaram a programação dos sistemas. Isso foi importante porque as primeiras linguagens (conjuntos de símbolos válidos) para programação eram fortemente determinadas pelo equipamento eletrônico a que se destinavam, exigindo conhecimento dos microprocessadores. Mas a arquitetura em camadas facilitou a implantação de camadas sucessivas de algoritmos cujo produto são outros algoritmos. O resultado é que hoje em dia há linguagens de programação (ditas de alto nível) cujo conjunto de símbolos válidos é semelhante aos símbolos das linguagens naturais. O programador então não precisa mais conhecer detalhes de eletrônica: basta criar o programa em uma linguagem que é próxima à sua linguagem natural e encarregar outro(s) programa(s), existentes em outra(s) camada(s), de traduzir(em) esse programa em linguagem “quase-natural” nos códigos necessários para execução pela máquina.

A união dessas facilidades -- de modificar o equipamento e de criar programas -- levou à proliferação de soluções de *software* e *hardware*; em particular, soluções estas que facilitam o projeto e construção de novos computadores, componentes e programas, mais poderosos que seus antecessores. Esse círculo virtuoso aparentemente foi decisivo para a criação do conhecimento necessário para manter acelerado o desenvolvimento tecnológico de nosso tempo, e é graças a esse conhecimento que hoje é possível oferecer componentes economicamente viáveis para a Internet das Coisas.

O desenvolvimento da comunicação entre computadores, apesar de dispor das facilidades que o próprio desenvolvimento de computadores dispõe, possui um entrave adicional, um requisito ambiental, que é a necessidade de se padronizar a forma de comunicação entre os diferentes equipamentos. Não obstante, a WWW também é formada por diferentes camadas de *software* e equipamentos. Curiosamente, “internet” é o nome de um dos componentes que permite a comunicação entre computadores. Trata-se do “protocolo entre redes” (“*internet protocol*”, o IP do TCP/IP), criado no final dos anos 60 sob os auspícios do governo norte-americano para permitir a troca de informações entre computadores (Trossen, 2012).

As comunicações entre computadores são possíveis não só graças a protocolos de comunicação entre máquinas (entre os quais está o TCP/IP), mas também a componentes como:

- um modo de atribuir nomes a endereços numéricos através de servidores de nomes de domínio (*Domain Name Servers*, ou DNS);
- uma linguagem para formatar e ligar diferentes documentos (HTML, ou *Hypertext Markup Language*);
- um protocolo para transferência de informação em hipertexto (HTTP, ou *Hypertext Transfer Protocol*);
- diversos protocolos para transferência de informações não hipertextuais (por exemplo, FTP, ou *File Transfer Protocol*); e
- inúmeras adições que permitiram que o acesso ubíquo à rede seja economicamente viável não só para pessoas, mas também para objetos.

Esse desenvolvimento, entretanto, não se deu sem dor: o interesse das inúmeras empresas diretamente afetadas pelos padrões adotados terminaram atrasando a criação de um padrão técnico aceito pela maioria.

Interativo e colaborativo, mais do que qualidades comumente utilizadas para definição da chamada web 2.0, tornaram-se conceitos incorporados ao modo de vida do homem contemporâneo. A história relativamente recente desta fase da rede de conexão mundial de computadores remonta ao ano de 2004, com pesquisas desenvolvidas pelas empresas *O'Reillys Media e MediaLive International*. O termo cunhado por Tim O'Reilly em 2005, desde então, se tornou sinônimo da geração web focada em explorar o potencial comunicativo da rede, gerando um novo momento para desenvolvedores e o público de *softwares* e sites. A partir de então, os esforços direcionam a internet para um meio de produção, e não mais somente para uma plataforma de consumo informacional.

Todavia, embora o termo seja elucidativo para a compreensão do momento comunicacional via rede, é necessária cautela. Incorporar os recursos desta tendência observada não pressupõe a necessidade de atualizar versões de programas ou substituir algum componente. A atualização do termo figura em um campo metafórico, e sua relevância enquanto linguagem reside em promover o surgimento de novos processos cognitivos.

Em seus primórdios, o hipertexto -- e de maneira mais enfática a hipermídia -- já traziam o potencial colaborativo observado recentemente na rede. Por meio de digitalização, quaisquer fontes de informação podem ser homogeneizadas em cadeias sequenciais de 0 e 1 e disponibilizadas em seu formato de raiz (Santaella, 2007, p. 301), passando desta forma a integrar um ambiente aberto à interação. São abolidos padrões rígidos conforme os caminhos se assumem diversos, e estes, mesmo que definidos arbitrariamente, agora obedecem a processos cognitivos do internauta.

Ao retomarmos Turing em um contexto teórico para sistemas distribuídos, fi-

cam claros os paralelos entre a internet como um todo e a máquina universal de Turing. Equiparar tais sistemas sugere uma generalidade em relação aos serviços e aplicações, no entanto, são diversos os mecanismos interessados em cercear tal generalidade, por vezes resultantes de interesses econômicos (como a diferenciação de serviços) ou intervenções regulatórias (como censura de conteúdo de acordo com alguma política regional) (Trossen, 2012).

Há que se considera neste ponto, que a incessante evolução dos dispositivos tecnológicos possibilita que paulatinamente os computadores, como estamos acostumados a conhecê-los, desapareçam de nossas vistas e cedam espaço a tecnologias pervasivas intercomunicantes, instaurando uma nova ecologia comunicativa em que objetos deixam sua posição de suporte para a ação do homem e se fazem notar como seres sensientes capazes de estabelecer diálogos com o humano e entre si. As consequências da possibilidade de comunicação ubíqua entre computadores ainda não podem ser avaliadas em sua totalidade. Do ponto de vista estrutural, a comunicação entre máquinas possibilitou a expansão do conhecimento técnico, barateando a criação de tecnologias que hoje são utilizadas para impulsionar o desenvolvimento da Internet das Coisas.

COISAS INTERCOMUNICANTES

Como consequência da fusão entre as indústrias da computação e telecomunicações e a emergência das tecnologias microeletrônicas e *wireless*, a ciência da computação, aliada às interfaces de comunicação fixas ou móveis, está hoje formando redes de computação ubíqua. A computação, cada vez mais invisível, salta para objetos do cotidiano, é neles implantada, dando-lhes identidade através, por exemplo, de etiquetas RFID (*Radio Frequency Identification Tags*), mas mantendo a capacidade de comunicação entre si.

Essas redes pervasivas têm a característica de conectar não apenas humanos a humanos, mas também humanos a objetos e objetos a objetos. A Internet das Coisas corresponde à fase atual da internet em que os objetos se relacionam com objetos-humanos e animais os quais passam a ser objetos portadores de dispositivos computacionais capazes de conexão e comunicação. Nesse sentido, os objetos tendem a assumir o controle de uma série de ações do dia a dia, sem necessidade de que as pessoas estejam atentas e no comando.

Assim, a ideia de ubiquidade está presente na Internet das Coisas. Conforme Santaella (2013), a ubiquidade se refere à noção de algo que está presente em todos os lugares e em todos os momentos, persistente, sempre disponível e atuante. Em muitos

aspectos, supera as noções tradicionais de espaço e tempo físico, como no caso do espaço e tempo do digital em rede, em que muitos eventos ocorrem de modo simultâneo e em muitos lugares diferentes.

A questão atual da computação ubíqua teve como estopim a convergência explosiva entre computadores e telecomunicações, associados à microeletrônica, tecnologias *wireless* (redes wi-fi, a tecnologia *bluetooth*, dado o baixo consumo de energia ou o *ZigBee*, uma tecnologia de custo e alcance reduzidos) e o desenvolvimento de interfaces móveis, que se somaram às fixas já existentes. A evolução de tais indústrias e pesquisas produziu uma sociedade com potência conectiva aumentada, em que a construção de memória e sua velocidade de processamento informacional adquiram um estado inédito. A situação atual de armazenagem, recuperação e compartilhamento de informações implica também uma revolução nos modos das pessoas acessarem conhecimento e resolver problemas do dia a dia. Hoje podemos falar em alguns bilhões de interfaces conectadas.

Para que os dispositivos e as coisas do dia a dia pudessem ter acesso a bases de dados e estar conectados em rede e também à Internet, algumas questões precisavam ser resolvidas: uma forma de identificação eficiente em custos. Apenas assim informações sobre objetos com identidade poderiam ser coletadas e processadas automaticamente. As *tags*, enquanto elementos que inseridos em objetos cotidianos corporificam uma comunicação ubíqua e estabelecem um senso de ordem, atribuem informações, sendo facilmente reconhecíveis e reproduzíveis, e dentro do caráter temporário que apresentam, podem ser reprogramadas a qualquer momento. A solução RFID foi uma das que emergiram e possibilitou identificar os objetos por rádio frequência. Outra foi o QRCode (*Quick Response Code*), que permite que aparelhos celulares, através de seus algoritmos visuais, escaneiem informação digital impressa em mídias analógicas.

Em segundo lugar o sensoriamento precisou evoluir. Com isso, a base de dados poderia ser abastecida com a detecção do estado físico dos objetos e de seu ambiente real. Isso permitiu aumentar a autonomia e o alcance do processamento das redes, ao adicionar capacidade de processamento aos seus pontos extremos. Em terceiro, os avanços em miniaturização e nanotecnologia estão levando a um cenário onde coisas cada vez menores têm capacidade de se conectar e interagir longe de nossos olhos.

Com isso, “uma nova dimensão foi adicionada ao mundo das tecnologias da informação e da comunicação: a qualquer hora, em qualquer lugar, a conexão para todas as pessoas será também a conexão para todas as coisas” (ITU, 2005: p. 8). Assim, a Internet das Coisas torna-se cada vez mais pervasiva, inteligente e interativa. Atualmente, além das usuais interfaces utilizadas pelos humanos em seu dia a dia, como

smartphones, tablets, desktops, milhares de outras aplicações têm sido desenvolvidas: por exemplo, pombos com RFID implantados e sensores enviam informações sobre a poluição do ar via internet; médicos podem monitorar o estado de saúde dos pacientes à distância; a indústria farmacêutica pode combater largamente a falsificação; governos visualizam o movimento das pessoas nos pedágios e alfândegas; lojas controlam remotamente e em tempo real entradas e saídas de mercadorias assim como sua localização em trânsito; sensores percebem a umidade da terra e informam quando as plantas precisam ser regadas.

Expandindo os exemplos, conforme nos informa Buckley (2006), casas passam a ter sistemas inteligentes que regulam o funcionamento de seus aparelhos eletrônicos, elétricos, alarmes, climatização, janelas, portas etc; veículos passam a ter direção inteligente, com capacidade de autocontrole em suas rotas, além de escolher os melhores caminhos possíveis; roupas inteligentes podem registrar as mudanças de temperatura no exterior e ajustar-se de acordo com elas; fábricas passam a ter inteligência e grande autonomia em seus processos; e cidades passam a ser concebidas de modo inteligente. Para além das perspectivas incitadas por grandes empresas e corporações, o consumidor da tecnologia de Internet das Coisas vê a possibilidade de integrar uma rede de produção de aparatos e *softwares* capazes de controlar e criar diálogos entre objetos de seu dia a dia. Placas com processadores *open-source* de baixo custo, a exemplo do Arduíno, plataformas como o *SmartThings* e a possibilidade de contribuir e arrecadar recursos para desenvolvimento de projetos através de financiamento colaborativo (*crowdfunding*), incentivam as pessoas a criarem seus próprios dispositivos e automatizarem suas casas.

Empresas de telecomunicações têm investido pesadamente em infraestrutura, dispositivos e interfaces para seus novos celulares. Mas os investimentos avançam também em outras formas de arquiteturas de *hardware* e programas computacionais. Lousas inteligentes para escolas, mesas que disponibilizam informação para dispositivos que se relacionam com elas, geladeiras que gerenciam o próprio estoque e fazem pedidos *online* em supermercados. Outra iniciativa atual muito interessante, na área da robótica, está sendo desenvolvida pela *Roboearth*. Trata-se de uma gigantesca base de dados e rede mundial *online* para robôs, em que os mesmos podem trocar informação e aprender com as informações dos demais sobre comportamentos possíveis e o meio ambiente.

Objetos computacionais implementados em objetos com *hardwares* em sua arquitetura, como sensores, controladores e atuadores, e conectados em redes centralizadas, descentralizadas ou distribuídas poderão ter também comportamento sistêmico e coletivo. Podem atuar como enxames, por exemplo, seguindo padrões em seus modos

de agir coletivo e se assemelhar a comportamentos de animais que vivem em grupos. Ou possibilitarão a observação da dinâmica comportamental de si mesmos e de seus agentes cooperativos, dinâmica que usualmente não teria como ser monitorada e, a partir dessa observação, extrair novos padrões coletivos dos modos de agir desses sistemas.

Iniciativas no desenvolvimento de cidades inteligentes propõem equipar a infraestrutura urbana com tecnologia capaz de otimizar a recepção de dados pelos setores responsáveis na administração das cidades e fornecer informações em tempo real sobre questões urbanas e dados de gestão na esfera pública. A análise de informações contextuais compartilhadas entre setores específicos permite potencializar iniciativas sustentáveis e proporcionar melhorias nas condições de vida dos cidadãos e canais para que estes possam melhor usufruir da cidade, o que inclui saúde, segurança e transporte. Como exemplos, sensores em postes possibilitam a redução nos custos de energia; o monitoramento remoto na distribuição de água, energia elétrica e equipamentos de serviços tais como caminhões de lixo, veículos de manutenção, asseguram a entrega de recursos e serviços, fornecendo relatórios de frequências que permitem uma reformulação de planos de distribuição otimizados; informações sobre trânsito e disponibilidade de estacionamento em vias públicas geram dados recebidos diretamente pelos veículos de estacionamentos, equipados para fornecer rotas alternativas, reduzir congestionamentos.

Em suma, a inteligência computacional está em franca expansão, ocupando todas as partes do real que estejam ao seu alcance e cujo potencial fica ampliado quando conectado de maneira móvel à internet. Trata-se de uma racionalidade computacional que opera em nosso dia a dia, nas entranhas das instituições, das pessoas, dos animais, das plantas, dos oceanos, dos objetos. Uma expansão que cada vez menos percebemos visualmente e que cada vez mais se incorpora aos nossos hábitos.

REFERÊNCIAS

BUCKLEY, J. **From RFID to the Internet of Things**: Pervasive networked systems. European Union Directorate for Networks and Communication Technologies. 2006.

COY WOLFGANG. **Computer als Medien**. Drei Aufsätze, 1994.

ITU. International Telecommunication Union. **Internet Reports 2005**: The Internet of Things. 2005. Disponível em <http://www.itu.int>. Acessado em 01/06/2013.

MCLUHAN, M. **Understanding media**: The extensions of man. Nova York: McGraw Hill, 1964.

SANTAELLA, Lucia. **Comunicação ubíqua**: Repercussões na cultura e na educação. São Paulo: Paulus, 2013.

SANTAELLA, Lucia. **Linguagens líquidas na era da mobilidade**. São Paulo: Paulus, 2007.

SANTAELLA, Lucia. **Matrizes da linguagem e pensamentos**: sonora, visual e verbal. 2ª ed. São Paulo: Iluminuras, 2005.

TEIXEIRA, João Fernandes. **Mentes e Máquinas**: uma introdução à ciência cognitiva. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

TROSSEN, Dirk. Turing, the Internet and a Theory for Architecture: A (Fictional?) Tale in Three Parts. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, Volume 42, Number 3, July 2012.

TURING, A. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. **Proceedings of the London Mathematical Society**, ser. 2, vol. 42 (1936): 230.

TURING, Alan M. Computing Machinery and Intelligence. In: ANDERSON, Alan Ross (ed). **Minds and Machines**. pp. 4-30. Englewood, NJ: Prentice Hall, 1964.