

TENDÊNCIAS DE MERCADO EM TI

Rodrigo Vinícius Sartori

Tendências de Mercado em TI

Rodrigo Vinícius Sartori

© 2018 – IESDE BRASIL S/A. É proibida a reprodução, mesmo parcial, por qualquer processo, sem autorização por escrito dos autores e do detentor dos direitos autorais.

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

S26t Sartori, Rodrigo Vinícius

Tendências de mercado em TI / Rodrigo Vinícius Sartori. -
[2. ed.] - Curitiba, PR : IESDE Brasil, 2018.
138 p. : il. ; 21 cm.
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-387-6383-3

1. Comunicação e tecnologia 2. Tecnologia de informação. 3.
Educação - Inovações tecnológicas. I. Título.

17-46168 CDD: 303.4833
CDU: 316.422

Capa: IESDE BRASIL S/A.
Imagem da capa: tofumax/iStockphoto

Todos os direitos reservados.

IESDE BRASIL S/A.

Al. Dr. Carlos de Carvalho, 1.482. CEP: 80730-200
Batel – Curitiba – PR
0800 708 88 88 – www.iesde.com.br

Vivemos, na atualidade, a chamada *Indústria 4.0*, ou Quarta Revolução Industrial, que está transformando profundamente o mundo como se conhecia anteriormente. Pessoas, mercados, organizações e indústrias estão sendo fortemente impactados pelo desenvolvimento de novas tecnologias e, entre elas, está a próxima geração da tecnologia da informação. Ao longo deste livro, demonstra-se como e por que tudo parece convergir e se integrar à tecnologia da informação.

O Capítulo 1 se ocupa em descrever as características deste novo momento, com o objetivo de lançar luz a respeito do fenômeno da ampla, geral e irrestrita digitalização dos processos produtivos, do novo paradigma industrial estabelecido pelas fábricas digitais e uma respectiva e remodelada cadeia produtiva, além de explorar os conceitos da tecnologia M2M, em que máquinas dialogam e interagem diretamente com outras máquinas.

No Capítulo 2, exploram-se os principais aspectos da computação em nuvem, iniciando por uma descrição histórica da trajetória da virtualização, descrevendo as diferentes nuvens envolvidas nessa tecnologia e, em especial, fazendo um apanhado dos aspectos mais relevantes de segurança do ambiente *cloud*.

O Capítulo 3 é reservado ao entendimento do *Big Data*, baseado no *tsunami* de informações digitais que varre o mundo contemporâneo. Fica em destaque a aplicação que essa tecnologia proporciona às chamadas *cidades inteligentes*, dando condições de se exercer uma nova forma de gestão pública. Também se discute se a privacidade em ambiente digital é ou não, hoje em dia, um mito.

Tema indispensável, a Internet das Coisas ocupa o Capítulo 4, que detalha o conceito da computação ubíqua ou onipresente, explica a importância fundamental que os novos sensores têm para essa tecnologia e alerta a respeito de desafios inerentes a esse campo.

O instigante Capítulo 5 reúne, sobre o título de “Nova robótica”, as maravilhas e o assombro no que se refere aos drones, às impressoras 3D e à cibernética.

Os Capítulos 6 e 7 trazem um apanhado de aplicações específicas de TI para novos negócios, possibilitando o entendimento sobre termos que se tornam cada vez mais proeminentes no mercado: *LegalTech*, *AdTech*, *CleanTech*, *FinTech*, *EdTech* e *MedTech*.

Finalmente, no Capítulo 8, o leitor terá condições de reconhecer os pontos mais sensíveis do novo paradigma da tecnologia da informação, nos aspectos-chave de segurança, recursos humanos e recursos financeiros.

O profissional de TI tem um papel de liderança nas organizações da nova economia, e a ele este livro é dedicado, com a esperança de contribuir com o desenvolvimento de suas competências, tão necessárias no mundo digital.

Rodrigo Vinícius Sartori

Doutorando em Administração na Universidade Positivo (UP). Mestre em Engenharia da Produção, especialista em Gestão do Conhecimento nas Organizações e engenheiro industrial elétrico pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Professor, pesquisador e consultor sênior de gestão nas áreas de Qualidade e Inovação, com vivência internacional (EUA e Espanha). Desenvolve trabalhos acadêmicos e empresariais em todo o Brasil.

Sumário

1	Quarta Revolução Industrial	9
1.1	A digitalização dos processos produtivos	10
1.2	Fábricas digitais e o novo <i>supply chain</i>	13
1.3	M2M	17
2	Cloud computing	25
2.1	A trajetória da virtualização	26
2.2	As diversas nuvens	30
2.3	Os pontos-chave de segurança	34
3	Big Data	41
3.1	Um <i>tsunami</i> de informações digitais	42
3.2	<i>Smart cities</i> e a nova gestão pública	45
3.3	O mito da privacidade digital	49
4	Internet das Coisas	57
4.1	Computação ubíqua	58
4.2	Um mundo de sensores	61
4.3	Desafios ainda a serem superados	64

5	A nova robótica	73
5.1	Drones	74
5.2	Impressoras 3D	77
5.3	Cibernética	81
6	A TI dos novos negócios (1)	89
6.1	<i>LegalTech</i>	90
6.2	<i>AdTech</i>	93
6.3	<i>CleanTech</i>	98
7	A TI dos novos negócios (2)	105
7.1	<i>FinTech</i>	106
7.2	<i>EdTech</i>	110
7.3	<i>MedTech</i>	114
8	O “calcanhar de Aquiles” da nova TI	123
8.1	Segurança	124
8.2	Recursos humanos	127
8.3	Recursos financeiros	131

Quarta Revolução Industrial

Principalmente para quem não vivencia a área de tecnologia mais de perto, no âmbito acadêmico ou industrial, provavelmente a questão mais instantânea que surge quando se depara com a expressão *Quarta Revolução Industrial* é: mas, afinal, quais são as outras três?

Se o termo *indústria* for entendido pelo significado realmente merecido – que é produção, no seu sentido mais amplo –, é até possível, de alguma forma, reconhecer na Revolução Agrícola uma revolução industrial: naquele momento histórico, os ancestrais humanos deixavam uma vida nômade e começavam a se fixar naquilo que viriam a ser as primeiras cidades, uma vez descoberto que plantar uma semente na terra produziria riqueza (principalmente, comida).

Todavia, historicamente, a classificação mundialmente consagrada é aquela que batiza de Primeira Revolução Industrial o momento em que o carvão se torna o propulsor de um novo paradigma de produção, sendo a base das revolucionárias máquinas a vapor e locomotivas. Já a Segunda Revolução Industrial normalmente se associa à época do surgimento da produção de manufatura em massa, às linhas fabris de montagem e à própria eletricidade como base nos sistemas de produção de próxima geração. Um grande rompante, em termos de salto no nível de produtividade, ocorreria bem mais recentemente, quando o uso de computadores e da automação robótica são empregados como fundamentos de um sistema mais avançado de produção, o que ficaria denominado como Terceira Revolução Industrial. Contudo, com a aceleração tão típica do desenvolvimento tecnológico, poucas décadas depois chega-se ao que muitos denominam *Indústria 4.0* – e como bem apontam Ramos et al. (2012), com um papel de total protagonismo para as tecnologias de informação e comunicação (TIC), afinal, por meio delas se organizam a integração e a convergência das novas tecnologias desta nova era, como Internet das Coisas, *Big Data*, nova robótica, nanotecnologia, computação quântica, novos materiais etc.

1.1 A digitalização dos processos produtivos

Embora já muito indissociável da informática e da computação, é possível reconhecer que a tecnologia da informação, como ramo específico de conhecimento aplicado, surge historicamente muito antes da era dos computadores. Afinal, como não reconhecer, por exemplo, a invenção da imprensa por Gutenberg, no século XV, como uma legítima tecnologia da informação, revolucionando a história da atividade de leitura e da própria circulação de ideias em nível global?

Claro que, a partir do paradigma computacional, a tecnologia da informação ganha uma amplitude e uma aplicabilidade de dimensões radicalmente maiores, impactando em último grau qualquer sistema de produção que se conheça. Então, é natural que a próxima questão, para quem só agora se aproxima do tema, seja: mas o que há de tão diferente assim na Indústria 4.0? Afinal de contas, computadores já são empregados nos sistemas de produção desde a década de 1960.

A grande novidade é que a computação atinge, mais recentemente, outros níveis de integração com outras plataformas tecnológicas avançadas, como realça Schwab (2016). Isso gera um número infinidável de desdobramentos práticos, que são alvo dos próximos capítulos deste livro. O efeito, no mundo empresarial, é o advento de negócios digitais, que vão muito além de produtos e serviços virtuais ou pela internet. O que se vive é a mais ampla digitalização dos processos produtivos em geral. Essa é a chamada *transformação digital* da forma como as organizações se estruturam para sobreviver e prosperar em um novo cenário de mercado, em que inovação constante é palavra de ordem.

Quando se fala em digitalização, ocorre que há uma ruptura entre um objeto e a aplicação, ou benefício, a ele associado. Por exemplo, no caso de um livro convencional, as folhas de papel empregadas para viabilizar a existência daquele objeto são as mesmas que trazem a

informação escrita, que é essencialmente o que dá valor àquele livro. Ou seja, destruindo-se o aparato físico (rasgando, queimando etc.), perde-se, junto, a mensagem que ele carrega consigo. Por outro lado, quando se escreve em um caderno eletrônico, um *tablet* ou um *smartphone*, o texto e o objeto são duas instâncias totalmente desconectadas. O conteúdo e o respectivo suporte já não são mais a mesma coisa.

Esse é um princípio que começa a se propagar para as mais diversas frentes, de *smart cities* (cidades inteligentes) aos novos formatos de trabalho, de grandes multinacionais até os pequenos negócios familiares. Seu impacto, aliás, tem sérios reflexos em terrenos artísticos, culturais, sociológicos e filosóficos.

Essa alteração ocorre nos processos produtivos, o que não envolve apenas o chão de fábrica, mas atinge todas as áreas de uma organização. Nas últimas décadas do século XX, as grandes fábricas de automóveis ficaram famosas pelo emprego vanguardista de computadores e de robôs nas suas linhas de produção. De lá para cá, o movimento que se vê é que não são apenas as indústrias automotivas que o fazem, mas praticamente todo tipo de negócio. E que o local de aplicação não é apenas a linha de montagem, mas processos administrativos, financeiros, de recursos humanos, *marketing*, jurídico, comercial, pós-vendas, enfim toda a empresa.

Graças à tecnologia da informação, robôs não são mais meramente entidades físicas, mecânicas, de aparência metalizada. Os mais poderosos robôs, já há algum tempo, são os *bots*. *Bot* é um diminutivo de *robot*, e é o termo que se adotou para nomear as entidades virtuais em ambiente *on-line*. A abreviatura prática de *web robots* ou *internet robots* se aplica aos *softwares* destinados a emular uma ação humana. Mas enquanto os robôs físicos convencionais se justificam principalmente como meios de substituição de força e precisão humana, com capacidade milhares de vezes superior a uma pessoa, os *bots* são empregados para lidar com atividades rotineiras em ambiente digital (mais uma vez, com capacidade incomparavelmente superior a um ser humano fazendo a mesma atividade). Essa função de repetir uma mesma tarefa muito mais rápido, com muito menos custo e com muito mais precisão do que uma pessoa, tem aplicações variadas, e uma em especial requer uma atenção no que diz respeito aos processos digitais de uma organização: até mesmo a tomada de decisão pode ser automatizada (ou, dependendo do caso, gerar informação muito melhor para um ser humano decidir com mais segurança).

Automatizar a tomada de decisão em um ambiente de linha de produção era uma realidade desde a Terceira Revolução Industrial. Gradativamente, outros tipos de processos organizacionais começaram a ganhar também esta possibilidade: financeiro, logística, *marketing*, recursos humanos etc. Com a Quarta Revolução Industrial, caminha-se, aliás, para o próprio processo de planejamento estratégico.

Pesquisa realizada pelo World Economic Forum (2015) com 800 principais executivos e especialistas de tecnologia de informação e comunicação mapeou as entregas tecnológicas passíveis de ocorrer até 2025. Para quase metade desses respondentes, são nesses próximos anos que o mundo verá a primeira máquina de inteligência artificial com assento no conselho executivo de uma grande indústria. Junto aos demais diretores, essa máquina decidirá

sobre mercados a desenvolver, tecnologias a prospectar, investimentos a realizar, riscos a assumir, entre outros. O termo *máquina* aqui empregado é potencial candidato à rápida obsolescência, porque, como visto, na Indústria 4.0 as coisas físicas estão separadas de seu valor funcional, de sua utilidade social, mas é a expressão que hoje se tem, e que será mantida, a despeito de sua evidente limitação e imprecisão. Tenta-se evitar termos que possam tornar-se ainda mais estranhos: de outra forma, poderia se referir à *entidade* que conviverá com seres humanos, em um *board* executivo em uma grande corporação, decidindo o futuro dos negócios e das pessoas.

Quando até mesmo o processo de planejamento estratégico das organizações estiver plenamente digitalizado, suportado por Inteligência Artificial que melhor substitua as decisões que experientes executivos possam tomar, aí, inegavelmente, chega-se a um ponto de singularidade, que marcará historicamente o desenvolvimento da gestão das organizações. Como evidenciado pela pesquisa do World Economic Forum (2015), não se trata de uma conjectura descompromissada de algo que “um dia”, “talvez” aconteça, mas do cenário iminente para os mais imediatos anos vindouros.

Essa capacidade da automação de tomada de decisão migrar, ou ampliar escopo, do ambiente mais elementar, como chão de fábrica, tratando de informações de máquinas, peças e componentes, e ir permeando outros tipos de processo, em que as informações dizem respeito a comportamento humano, dinâmicas de mercado, clima, economia e outros elementos complexos (e, por que não dizer, imprecisos e até mesmo ambíguos) se alcança por meio da capacidade tecnológica que se atingiu. Já está se atingindo capacidade computacional para que as mais complexas decisões tomadas pelo ser humano possam ser melhor dirigidas por sistemas artificiais.

A tecnologia é cumulativa, e isso tem um poderoso efeito prático. A cada geração, não é necessário “reinventar a roda”, em termos de conhecimentos básicos, para se avançar no campo tecnológico. Todo o limite alcançado pela geração anterior é a linha de partida da próxima geração para esta avançar o “estado da arte” da tecnologia. Não por acaso, as mais modernas tecnologias são o uso aprimorado de domínios anteriores do conhecimento, um dos mais surpreendentes impactos que isso proporciona é na difusão das novas tecnologias. Como bem levantado por Van Opstal (2010), a tecnologia evolui a taxas crescentes: demorou 55 anos para o automóvel conquistar um quarto do mercado norte-americano, mas só 35 anos para o telefone, 22 para o rádio, 16 para o computador pessoal, 13 para o telefone celular, 7 anos para a internet, 3 anos para o iPod e 1 ano para Facebook. A primeira mensagem de texto foi enviada em 1992; nos dias atuais, o número de mensagens ultrapassa a população do planeta. O Twitter foi lançado em 2006, e, em menos de 3 anos, essa plataforma atingia mais de 75 milhões de usuários. Destaque-se, nesses exemplos ilustrados, o papel desempenhado pelas tecnologias de informação e comunicação para que tais valores fossem alcançados: as novas tecnologias orbitam em torno da tecnologia da informação.

A transformação digital das empresas (entenda-se, seus processos, sua estrutura organizacional, além, claro, de seus produtos e serviços) passa pelo emprego de tecnologia da informação que vai, de forma gradativa, envolvendo os processos, dos mais simples aos mais complexos, dos mais operacionais aos mais táticos e estratégicos e dos mais técnicos

aos mais humanos. Não é uma mudança simplesmente linear, com mesmo ritmo de novidades ao longo do tempo, mas verdadeiramente exponencial: a aceleração é a característica do desenvolvimento tecnológico.

Será a Inteligência Artificial, portanto, o ápice de desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação? É bastante provável. Afinal, como lembra Reis (2008), há um nexo entre esses elementos: dados, informação, conhecimento e sabedoria. Dado é o valor em si, desprovido de qualquer interpretação (12 metros, 45 pessoas, 23 graus). Informação é resultado de uma associação daqueles dados, permitindo algum tipo mínimo de entendimento ou aplicação prática (altura de 12 metros, capacidade de 45 pessoas, ângulo de 23 graus). Conhecimento diz respeito à capacidade de usar diferentes tipos de informação para entender e decidir sobre algo. Quanto à sabedoria, emprestam-se as palavras de François de La Rochefoucauld, moralista francês do século XVII: “Não confunda conhecimento e sabedoria. Enquanto o primeiro ajuda a ganhar a vida, a segunda ensina a viver”(LA ROCHEFOUCAULD, 1892). Nessa escala, do dado à sabedoria, é inegável que a tecnologia da informação vai avançando numa trajetória bem definida.

Qual será o segredo da tecnologia da informação, diante desse quadro em que ela é um verdadeiro centro de gravidade perante as demais tecnologias? Provavelmente, a Lei de Moore ajuda a responder a essa indagação. Gordon Moore é o célebre engenheiro da Intel que, a partir de suas observações e pesquisas, declarou o conceito de que a capacidade de processamento dos computadores dobra a cada 18 a 24 meses. Essa constante, nas últimas décadas, tem-se mostrado espantosamente válida, desde a época das primeiras máquinas eletromecânicas à base de cartões perfurados (para o 0 ou 1 digital), passando pelas tecnologias construtivas à base de relé (dispositivo que abre ou fecha circuitos), válvula, transistor e circuitos integrados, esses últimos que são o fundamento tecnológico dos atuais computadores. Por mais de 100 anos, a Lei de Moore se mostrou verdadeira, e o assombroso são as projeções se caso ela continuar válida pelos próximos 100 anos.

Continuando com o crescimento exponencial, o fato é que, já em 2010, atingiu-se uma marca histórica de significativo reconhecimento: um PC de custo de mil dólares alcançou uma capacidade de 10^{11} cálculos por segundo, equiparável ao cérebro de um rato. Por volta do ano de 2023, é esperado que um mesmo PC de mil dólares consiga atingir uma capacidade de 10^{16} cálculos por segundo, o que o torna similar ao cérebro humano. Em torno de 2050, com uma incrível capacidade de 10^{26} cálculos por segundo, a comparação dessa máquina estimada em mil dólares é da capacidade somada de todos os bilhões de seres humanos vivendo sobre a Terra.

1.2 Fábricas digitais e o novo *supply chain*

O gradativo e irreversível movimento de digitalização de processos produtivos parece, portanto, uma mera etapa, ainda inicial, de uma transformação muito mais profunda, que leve às organizações a serem completamente autogeridas artificialmente, independentes de atuação humana laboral (indústrias, governos, instituições de ensino etc.). Pessoas serão

clientes: não funcionários, não fornecedores, não gestores, mas consumidores. Não é um exercício desvairado de futurologia para especular “daqui a quantos mil anos isso pode acontecer” – o horizonte temporal de disruptura é muito menor. Mas, até lá, por menor que seja o prazo para que se possa dissociar por completo ser humano e trabalho (hipótese que parece cada vez mais razoável considerar), o período de transição envolve muita adaptação das atuais e próximas gerações para o novo mundo de trabalho industrial. Isso envolve desafios culturais, éticos, educacionais, científicos, tecnológicos, sociológicos e até mesmo filosóficos. Em outras palavras, trabalho, no sentido de responder manualmente a estas demandas, não faltará pelos próximos anos.

É natural, por uma questão de óbvia disponibilidade de recursos, que a resposta das atuais organizações ao cenário de transformação digital começasse pelas grandes corporações. Já há alguns anos, as tradicionais marcas globais, algumas delas até mesmo centenárias, começaram a organizar estratégias à altura para aproveitar, da melhor forma, o movimento irreversível de digitalização de processos de trabalho. Isso para não falar das grandes empresas que já nasceram nesse cenário completamente digital (e que ficaram grandes da noite para o dia, como é o caso de *startups* bem-sucedidas como Uber, Airbnb, Netflix, WhatsApp, Facebook etc.). Muitas grandes corporações possuem cargos do mais alto escalão executivo voltados para a Indústria 4.0: estão cada vez mais em voga posições como VP (vice-presidência) de Inovação e Transformação Digital, de Fábricas Digitais e termos afins. Isso é altamente representativo: demonstra bem a importância que o tema ganha, principalmente para organizações que convivem com o ambiente convencional ao mesmo tempo que respondem aos novos cenários digitais. Muitos desses executivos são responsáveis por estratégias de transição dos modelos convencionais de negócio para negócios digitais, ou digitalizados.

Muitas vezes, os desdobramentos práticos são surpreendentes, no sentido de completa remodelação do negócio. Começa a perder sentido, financeiramente falando, explorar o produto ou o posicionamento tradicional, e as empresas se surpreendem com a possibilidade de monetizar com as possibilidades digitais. As Casas Bahia deixaram de vender móveis e utilidades para o lar: o que se vende, essencialmente é financiamento – os produtos físicos são *commodities*, sob certa perspectiva. O Portal UOL (Universo Online), originalmente criado pelo Grupo Folha como um portal de notícias (jornal eletrônico), migrou para um modelo de *FinTech*: cresce cada vez mais a receita gerada por sua solução de pagamento *on-line* PagSeguro. Até mesmo o Facebook, proprietária do WhatsApp, trabalha para transformar o comunicador (mensageiro) pessoal em uma ferramenta básica de transferência eletrônica de dinheiro entre as pessoas, podendo dispensar intermediação bancária.

Toda organização passa pela escolha estratégica do que fazer internamente (normalmente, as competências centrais do negócio) e do que terceirizar (encontrar fornecedor que faça melhor e que represente, assim, uma vantagem financeira por subcontratar). Se a transformação digital transpassa todos os processos de trabalho de uma organização, a consequência é inevitável: toda a cadeia produtiva (*supply chain*) de uma organização é atingida pelos novos formatos e processos de trabalho. É um efeito dominó sobre os fornecedores, gerando um ciclo virtuoso de diversas empresas transformando-se digitalmente em função do movimento de alguns clientes corporativos iniciais. Portanto, na prática, partir para a transformação digital

do negócio não é uma opção estratégica, no sentido de que haja empresas que aceitem e outras não a seguir por essa direção. O mercado se fecha, quem fica de fora simplesmente não tem mais condições de manter o negócio. Talvez a única real escolha das empresas é em que momento iniciar, se ainda não iniciaram, essa transformação – ou mesmo quando alterar o ritmo dessa mudança, para um melhor compasso com sua rede de negócios.

Num ambiente produtivo digitalizado, os objetos (máquinas, equipamentos, insumos, componentes) geram um volume virtualmente infinito de dados, e é o acesso a esses dados, transformando-os em conhecimento, que permite, em um primeiro momento, uma substancial melhoria de produtividade, por meio da melhor tomada de decisões. Em um segundo momento, destaque-se a enorme economia gerada por modelagens, simulações e prototipagem virtual. Em uma indústria de manufatura convencional, a engenharia de processo, a engenharia de produto e demais processos constroem protótipos físicos, que precisam ser testados e validados, o que consome, evidentemente, tempo e dinheiro. Já há algum tempo, muitos sistemas computacionais virtualizam todo esse processo, fazendo com que um produto possa ser concebido, testado e validado inteiramente pelo computador de tal forma que se otimiza sobremaneira a adaptação das instalações fabris: erros são superados no mundo virtual, não incorrendo em custos reais no momento da efetiva implementação na fábrica. Obviamente, o próprio *time-to-market* é acelerado, fazendo com que as empresas possam ter reais condições de serem inovadoras de fato. E quem inova, usualmente, aufera os maiores lucros. Virtualizar os esforços de produção, portanto, faz todo o sentido mercadológico e financeiro.

O ambiente digital é um ambiente de simulação: ele não é real, tangível. Se é para se produzir uma motocicleta, por mais que se tenha todo o *setup* industrial digitalizado, no final do processo tem que se entregar, efetivamente, um objeto físico motocicleta! Mas a grande vantagem da simulação digital é que a engenharia daquele produto pode sofrer todos os testes, que de forma convencional seriam caros demais, ou difíceis demais, ou até mesmo fisicamente impossíveis, dessa forma, gerando um produto físico muito melhor (mais funcional, mais seguro, mais barato) do que se o processo de desenvolvimento e produção fosse inteiramente físico (AZEVEDO; ALMEIDA, 2011). Testes de *stress*, como temperaturas extremas, ou pressões extremas, por exemplo, podem demandar equipamentos impossíveis ou inviáveis de se disponibilizar na fábrica, e o ambiente de simulação virtual, muito mais flexível e indiscutivelmente mais barato, entrega o mesmo resultado, que é a informação sobre desempenho de um produto sob determinadas condições.

Um processo produtivo digitalizado é especialmente útil nessa nova cadeia de fornecedores integrados digitalmente. As informações completas de um processo de trabalho podem ser transmitidas instantaneamente aos outros participantes (fornecedores) desse processo. Permite-se, assim, que fornecedores não fiquem mais limitados geograficamente: onde houver determinada competência para ser subcontratada por uma empresa, ela o fará, pois terá a garantia de que a qualidade e velocidade de informações e tomada de decisões é a mesma que se conseguiria com um fornecedor na circunvizinhança física (ou até mesmo no interior da própria linha de produção, como é o caso do regime de fornecedores chamados sistemistas).

Um elemento fundamental dessa nova configuração da cadeia produtiva é a impressora 3D, tecnologia que é tratada de forma mais aprofundada no Capítulo 5 (“A nova robótica”). Por ora, convém antecipar que todos os desafios logísticos tradicionais, como encaminhamento de materiais e transporte de produtos, caem por terra (bem como seus custos associados), a partir do momento em que meramente a informação precisa ser transitada: nas instalações do fornecedor, esteja ele onde for ao redor do planeta, uma impressora 3D (um verdadeiro centro de produção) fabrica o item físico necessário, com insumos locais.

Outro impacto inerente à tecnologia da informação nesse novo paradigma industrial diz respeito às versões e atualizações do produto. No modelo convencional, usualmente produtos razoavelmente simples, como, por exemplo, um ventilador, um rádio ou um forno elétrico, possuem documentação fabril complexa, na forma de centenas ou até mesmo milhares de desenhos técnicos de componentes, partes e peças. A mudança de um simples componente, e seu respectivo desenho alterado, por qualquer motivo, gera um efeito “bola de neve” de atualizações de inúmeros outros documentos de outras peças, sistemas e/ou componentes que usam ou interagem com aquele item modificado, gerando uma demanda de atualizações em cascata que é facilmente suscetível a erros, em um processo manual de controle dessa documentação técnica – além do significativo custo de dinheiro e tempo. Já em um ambiente produtivo digitalizado, com um *click*, toda a cadeia de documentos associados fica automaticamente atualizada, bem como comunicada às diferentes instâncias responsáveis por sua produção (sejam áreas internas da empresa, sejam fornecedores subcontratados).

As fábricas digitais aumentam a competitividade das empresas, e isso se dá por uma série de motivos. Além daqueles já explorados e demonstrados anteriormente, considere-se o âmago da competição industrial: a existência de competidor, de concorrente. Algumas empresas costumam sofrer em demasia com os problemas mercadológicos que as cópias impõem ao seu negócio. Nem sempre a cópia é “pirata” ou ilegal, mas, como bem destaca Reis (2008), é uma legítima estratégia tecnológica de algumas empresas. O fato é que mal se lança um produto de sucesso no mercado e já aparecem um ou mais competidores daquela marca original que simplesmente imitam o produto e o vendem por um preço menor.

As empresas inovadoras podem se blindar dessa concorrência de baixo nível por meio da industrialização digital: o processo de concepção, desenvolvimento e lançamento de novos produtos no mercado pode ficar tão acelerado que, quando o concorrente convencional se prepara para lançar uma cópia pelos meios convencionais (mais demorados e mais caros), a empresa inovadora já está um passo adiante, trabalhando na próxima geração de produtos. Isso é um fator que, na prática, inibe as estratégias de cópia pura e simples. Demanda-se assim, é verdade, um ritmo constante de inovações, mas é isso o que verdadeiramente anima o mercado e distancia a reputação (e a lucratividade) de empresas vanguardistas de empresas puramente copiadoras. Digitalizar os processos industriais ajuda a inovar.

Finalmente, é importante retomar a amplitude irrestrita da digitalização dos processos de trabalho por toda a organização. Apesar dos exemplos acima explorados e dos termos *fábrica*, *manufatura* e afins remeterem ao nível mais elementar de digitalização, lembra-se que todos os demais processos são transformados digitalmente com consequências significativas. Considere-se, por exemplo, o processo de *marketing*, e, para pensar apenas em uma

de suas várias dimensões, os canais de distribuição. Os modelos convencionais de negócio são fortemente amparados em canais indiretos de distribuição, o que leva as empresas a cadastrarem outras organizações como distribuidores oficiais de seus produtos, ou seja, os meios pelos quais se chega ao consumidor final. Uma empresa se concentra em conceber e produzir e outra (intermediária) se foca na competência essencial logística (incluindo ponto de venda físico, lojas etc.).

Ocorre que o *marketing* digital proporciona condições para que consumidor final e fabricante original encarem a distância um do outro, tornando cada vez mais dispensável a figura do distribuidor como intermediário. A compra direta é cada vez mais facilitada. Mesmo no processo de publicidade, agências convencionais, até então instâncias especializadas em produzir as peças publicitárias, são substituídas, com muita efetividade, por novas alternativas de *AdTech* (tema que é explorado com profundidade no Capítulo 6 – “A TI dos novos negócios”).

A digitalização tende a eliminar intermediários, colocando o cliente cada vez mais envolvido nos processos de trabalho da empresa. E essa é uma das mais revolucionárias conquistas desse novo paradigma industrial. As empresas, com esse envolvimento estratégico do cliente, reduzem custo, aumentam a efetividade de suas operações e, além do mais, coroam o esforço com uma maior fidelização de sua base de consumidores. No processo financeiro, bancos não são mais a única fonte de financiamento dos empreendimentos de uma empresa, pois esta pode recorrer a estratégias de *crowdfunding* (financiamento coletivo), especialmente para o desenvolvimento de novos produtos e serviços. No processo de suporte técnico ou pós-vendas, a demanda pelo atendimento tradicional de reparo torna-se cada vez menor, com as empresas conseguindo fornecer mais e melhores informações ao consumidor para viabilizar a estratégia de autorreparo (o cliente consegue diagnosticar e consertar seu produto por conta própria). No processo produtivo propriamente dito, ou de atendimento ao cliente, há espaço cada vez mais criativo para o *self-service* (autosserviço) – não mais restrito apenas a restaurantes. No processo de desenvolvimento de novos produtos, campanhas de cocriação com clientes revelam cada vez mais bons resultados.

A forma como se organiza e mantém uma empresa em operação, por meio de processos digitalizados, ganha, enfim, contornos dificilmente sonhados até poucos anos atrás. Nesse novo modelo, até mesmo o dinheiro é *commodity*: o insumo essencial é a informação.

1.3 M2M

Uma característica marcante da Indústria 4.0 é o grau de requinte que se atingiu no tocante à automação dos processos. As máquinas conversam com o trabalhador humano desde a Terceira Revolução Industrial, é bem verdade. Ocorre que, no momento histórico seguinte, o que se vê cada vez mais difundida é a capacidade das máquinas de conversarem entre si, ou, ainda, o fato de as máquinas conversarem com componentes, partes e peças de uma linha de produção, o que naturalmente leva a produtividade fabril a um salto apreciável de produtividade.

Este é o conceito conhecido por M2M (*Machine to Machine*): é a comunicação direta entre diversos dispositivos ou sistemas artificiais, usando qualquer tipo de canal de comunicação viável (incluindo redes com ou sem fio).

É um conceito amplo e, portanto, abarca situações como instrumentação industrial, habilitando um sensor ou medidor qualquer a transmitir os dados por ele registrados a um *software* em que tais dados sejam úteis para o processamento. Isso pode incluir dados como temperatura, pressão, comprimento, peso, quantidade de itens inventariados, quantidade de glóbulos brancos no sangue, quantidade de radiação ultravioleta em um ambiente, entre tantas outras virtualmente infinitas possibilidades de origem de informação. Tais informações, lidas automaticamente por um outro sistema artificial que rode este *software*, cruza as informações que forem necessárias e toma as devidas decisões, fornecendo, então, suas próprias informações registradas (a outra máquina) ou mesmo tomando uma ação física, como, por exemplo, abrir uma porta, ligar um motor, acionar um bisturi eletrônico, entre outros.

Usualmente, não se trata de uma comunicação 1 a 1, mas sim “n” a 1, uma rede de máquinas e sensores interconectados, em que uma ou outra máquina tem o papel de *hub* central de redirecionar informações consolidadas a um operador humano ou realizar suas próprias ações programadas previamente.

As aplicações mais recentes de M2M estão voltadas a uma rede inteligente que se comunica com eletrodomésticos e outros dispositivos presentes nas residências das pessoas. É o princípio do IoT (*Internet of Things*), ou Internet das Coisas, tema que é aprofundado em capítulo especialmente dedicado ao assunto (Capítulo 4 – “Internet das Coisas”). Por ora, convém destacar que muito de sua viabilidade se deu pela expansão das redes IP (*Internet Protocol*), tornando, via internet, a comunicação entre as máquinas muito mais fácil e muito mais rápida, inclusive com expressiva redução de gasto de energia elétrica.

Atualmente, principalmente em regiões como a Alemanha e Japão, já existe tecnologia para que os próprios componentes de um produto em processo de montagem conversem com as máquinas que as estão utilizando, obviamente, por meio da função de sensor embutido ou embarcado em cada um desses componentes. Assim, em uma linha de produção de tecnologia avançada, o próprio componente, após um autodiagnóstico que revele algum defeito ou anomalia, transmite essa informação à máquina que o utilizaria na próxima etapa do processo. Essa máquina, recebendo e interpretando devidamente a informação, tem a plena capacidade de, muito além de comunicar a ocorrência às demais máquinas de todas as outras etapas do processo, decidir parar, adiantar ou atrasar a sua entrega, em sincronia com a decisão de todas as demais máquinas do sistema produtivo por inteiro – incluindo, e especialmente destacando, as etapas automatizadas presentes em fornecedores subcontratados. Portanto, é uma máquina com autonomia para interferir no *timing* de processamento de todos os outros elementos da linha de produção, até mesmo aqueles que se encontram em outras empresas. É dispensável listar os óbvios ganhos de produtividade, tempo de disponibilidade de máquina, redução de retrabalho e desperdício de uma fábrica com esse nível de automação inteligente.

A tecnologia M2M embasa uma série de aplicações, mesmo a partir das mais simples configurações. Um dos destaques é para a alta conveniência proporcionada pelas redes

wireless (sem fio), cuja interconexão é especialmente útil para otimização da produção e da eficiência em diversas frentes, desde máquinas autônomas utilizadas na indústria automotiva até processos inteligentes de *feedback* que permitam a desenvolvedores de produtos saber em tempo hábil condições e razões pelas quais um produto precisa ser aprimorado. Redes sem fio são um marco na história da produtividade dos sistemas artificiais, pela liberdade física que o ambiente sem as “amarrações” a cabos e fios proporciona. O cruzamento de informações de diferentes dispositivos é potencializado, sem tanta limitação física ou geográfica, aumentando, proporcionalmente, a intensidade e a qualidade da informação trafegada. Na prática, o fluxo dessas informações implica na simplificação e maior efetividade dos produtos no que diz respeito aos consumidores: a eles, é fornecido um produto com muita mais adesão a suas necessidades, em um tempo de desenvolvimento muito menor e com alto nível de qualidade funcional.

É especialmente útil a aplicação da tecnologia *wireless* para fins de monitoramento de sistemas. O ganho que isso proporciona para companhias de água e de energia elétrica, por exemplo, é fantástico. Chega a ser até curioso constatar como no Brasil, já nesse início de século XXI, as companhias ainda precisavam lançar mão do emprego de pessoas como medidores manuais de registros de água e de energia elétrica, trabalhando com varetas, espelhos e afins... quase constrangedor (além de tremendamente caro), sabendo-se o que a tecnologia disponibiliza já há muito tempo! Está cada vez mais acessível a essas companhias a implementação de sistemas que monitorem automaticamente não só a leitura de consumo, mas também a integridade da rede, facilitando muito o processo de manutenção e até mesmo a prevenção de fraudes (detecção em tempo hábil de conexões e derivações clandestinas).

Para a tecnologia da informação, apenas o mercado representado pelos *smartmeters* (medidores inteligentes) representa uma cifra potencialmente bilionária, pois os sistemas legados da tecnologia convencional mundo afora são voluptuosos, todos demandando, de forma simultânea, digitalização para o salto de produtividade e qualidade necessário. De fato, o que se vê é uma proliferação de novos negócios arquitetados em torno da medição inteligente, e todos parecem promissores por um bom tempo, dada a demanda reprimida que estão aptos a atender.

Redes sem fio proporcionam, ainda, uma infinidade de aplicações práticas especialmente úteis, como, por exemplo, atualização de outdoors digitais: ao invés de um painel de propaganda estático, os anunciantes passam a dispor da possibilidade de exibir mensagens diferentes, personalizadas conforme a hora do dia ou até mesmo da condição climática. De fato, o mercado industrial de aplicações M2M está passando por uma rápida transformação, com as empresas cada vez mais conscientes de quanto valioso se torna conectar pessoas, dispositivos, sensores e máquinas geograficamente dispersos (mesmo em escala global) a redes corporativas. Com destaque, indústrias como petróleo e gás e de agricultura de precisão recorrem ao M2M para uma infinidade de aplicações. Especialmente nos países desenvolvidos, órgãos de governo e militares vêm se dedicando a aprimorar suas instituições com base nessa tecnologia.

Na indústria automobilística, o que se vê é um nível de integração dos carros com outros dispositivos da vida do seu proprietário em uma escala realmente gigantesca. Se o telefone,

já há muito, havia se transformado em *smartphone*, a mesma inteligência anima o conceito dos *smartcars*. O carro passa a ser mais um dispositivo (seguro) de acesso à internet, e, naturalmente, totalmente interligado com o *smartphone* do usuário do veículo (como, por exemplo, o OnStar da GM, no Brasil), bem como seu relógio de pulso, seu *tablet*, seu computador pessoal de casa ou do trabalho. O sistema de som do veículo é como o sistema de som dos demais dispositivos ligados à internet: no rádio, muito mais que estações locais, um aplicativo que concentra, filtra, categoria e disponibiliza todas as estações do mundo. Torna-se viável a busca automática por postos de combustíveis da região, informando antecipadamente ao motorista preço e até mesmo reputação daquele posto. Situações de planejamento de rota, de plano de viagem, eventos nas vias públicas, entre tantas outras possibilidades, tornam-se cada vez mais integradas e práticas ao motorista, que não precisa, ele mesmo, ter que processar um volume tão alto de informações: as informações são processadas pelo sistema artificial, consolidando-as em sugestões de ações a tomar. No ambiente produtivo, é inegável o benefício que a tecnologia M2M traz aos processos de manutenção, a começar pelo desempenho praticamente zero de tempo de inatividade das máquinas e do sistema em geral. Mas com as ferramentas de análise inteligente, vários novos tipos de manutenção passam a ser possíveis. Por exemplo, com a manutenção a distância, que implica não precisar enviar técnicos ou engenheiros ao local físico, eles podem atuar de onde estiverem. É possível manutenção *on-line* até mesmo sem desligar as máquinas ou sistemas operacionais. Ganha-se um fantástico recurso de manutenção preditiva, que atua intervindo em uma máquina antes que ela falhe. Todos esses benefícios da rede de máquinas em processo digitalizado de manutenção implicam no significativo ganho de eficiência de manutenção e de transparência de informação.

Não obstante, é inevitável ponderar sobre os alcances possíveis para o M2M, em um contexto de Inteligência Artificial: inegavelmente, um contundente ponto de singularidade será atingido quando, para muito além de conversarem entre si, as máquinas estabelecerem a melhor linguagem para o M2M, independentemente da intervenção humana.

Conclusão

O momento histórico de início da Indústria 4.0 é marcado não por um rompante que finaliza a era anterior em um dia e inicia automaticamente a próxima no dia seguinte. O que fica caracterizado é um momento de transição para esse novo paradigma industrial, ou seja, um gradativo deslocamento dos sistemas convencionais estabelecidos e uma migração firme e acelerada para processos digitais.

A tecnologia da informação ocupa um papel central nessa dinâmica da transformação digital, e os profissionais da área ganham uma demanda praticamente infinita de trabalho, no que diz respeito a essa adaptação que se torna imperativa a todas as organizações, de todos os portes e segmentos de atuação.

Em termos de potenciais novos negócios, do ponto de vista do empreendedorismo e de oportunidades de trabalho, o que se espera é uma época de abundância. O requisito,

evidentemente, é a devida preparação, a capacitação para esse novo mundo transformado digitalmente.

Ampliando seus conhecimentos

Como explica Dean Buonomano (2011) em seu excelente livro *O Cérebro Imperfeito*, mais que uma gigantesca capacidade de cálculos por segundo, o que computadores precisam para se aproximar de cérebros humanos é a capacidade de reconhecer padrões. Como um relógio de sol e um relógio de pulso, que não têm nada em comum a não ser o propósito de existir, a única semelhança entre os computadores e os cérebros é o fato de serem dispositivos que processam informações. Mesmo quando um computador digital e um biológico estão trabalhando no mesmo problema, quando um computador e uma pessoa jogam xadrez, por exemplo, os cálculos efetuados apresentam pouco em comum. Um faz uma análise gigantesca de milhões de movimentos possíveis, enquanto a outra confia na própria habilidade de reconhecer padrões que levem a uma análise ponderada de algumas dezenas de lances.

O cérebro imperfeito

(BUONOMANO, 2011, p. 11-12)

Os computadores e os cérebros são peritos em efetuar cálculos completamente diferentes. Um dos pontos fortes da computação cerebral (e uma notória fraqueza da atual tecnologia dos computadores) é o reconhecimento de padrões. Nesse ponto, podemos tomar como exemplo da nossa superioridade a forma como interagimos com os computadores. Se você esteve *on-line* na última década, em algum momento, é provável que seu computador lhe tenha pedido educadamente para transcrever algumas palavras ou letras distorcidas em uma caixa da tela. O objetivo desse exercício não poderia ter sido mais profundo: assegurar que você é um ser humano. Mais precisamente, assegurar que você não é um *bot*. Esse simples teste é chamado de CAPTCHA (*Completely Automated Public Turing Test to Tell Computers and Humans Apart* – teste de Turing público automatizado para diferenciar computadores e seres humanos).

O teste de Turing se refere a um jogo inventado pelo extraordinário criptógrafo e um dos pais da ciência da computação, Alan Turing. Nos anos 1940, Turing não ficou apenas ponderando se os computadores conseguiram pensar, mas imaginando como iríamos saber se eles o estivessem fazendo. Ele propôs um teste, um jogo simples que incluía um interrogador humano conduzindo uma conversa com um interlocutor oculto, que poderia tanto ser outro homem quanto um computador. Turing

argumentou que, se a máquina conseguisse se fazer passar por um ser humano com sucesso, ela teria atingido a capacidade de pensar.

Os computadores ainda não conseguem pensar ou mesmo se igualar à nossa capacidade de reconhecer padrões (por isso o Captcha continua sendo uma forma eficaz de filtrar os robôs cibernéticos). Quando você reconhece a voz de sua avó ao telefone, o rosto de um primo que não via há uma década ou apenas transcreve algumas letras distorcidas em uma tela de computador, seu cérebro representa a mais avançada tecnologia de reconhecimento de padrões da face da Terra. Entretanto, os computadores estão ganhando terreno com muita rapidez. Portanto, é provável que não possamos manter essa distinção por muito mais tempo.

Atividades

1. Qual a importância da tecnologia da informação no contexto da Quarta Revolução Industrial?
2. Por que motivo organizações tradicionais, de modelo de negócio convencional, precisam se preocupar com a transformação digital?
3. Por qual motivo negócios digitais tendem a eliminar intermediários na relação com o cliente final?
4. Qual a consequência da disponibilidade de redes *wireless* (sem fio) na tecnologia M2M?

Referências

- BUONOMANO, D. **O cérebro imperfeito:** como as limitações do cérebro condicionam as nossas vidas. São Paulo: Campus, 2011.
- RAMOS, E. et. al. **Gestão estratégica da tecnologia da informação.** São Paulo: Ed. FGV, 2012.
- REIS, D. **Gestão da inovação tecnológica.** Curitiba: Manole, 2008.
- SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial.** São Paulo: Edipro, 2016.
- SINGH, S. **New mega trends:** implications for our future lives. eBook Kindle. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2012.
- SINGH, S. **Top 20 global megatrends and their impact on business, cultures and society.** San Antonio: Frost & Sullivan, 2014.
- VAN OPSTAL, D. Commentary on Gregory Tassey's "Rationales and mechanisms for revitalizing US manufacturing R&D strategies". **The Journal of Technology Transfer**, n. 35, p. 355-359, 2010.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Technology tipping points and social impact report.** 2015. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf>. Acesso em: 17 out. 2017.

Resolução

1. As tecnologias de informação e comunicação (TICs) ocupam papel central na dinâmica da transformação digital impulsionada pela Indústria 4.0. Graças a seus recursos, diversas outras plataformas tecnológicas inovadoras, tais como *Big Data*, Internet das Coisas, nanotecnologia, robótica, impressora 3D e diversas outras conseguem ser melhor integradas, modificando para sempre a forma como as organizações são estruturadas, não somente em relação aos trabalhos de produção propriamente dita, mas a todos os processos organizacionais. Se os sistemas produtivos, integrando tanta nova tecnologia, tornam-se cada vez mais inteligentes e autônomos, é porque a tecnologia da informação proporciona as redes pelas quais o principal insumo dessa nova era trafega: a informação.
2. Porque, por mais que o produto fabricado ou serviço prestado seja o convencional, a pressão das empresas por remodelarem seus processos produtivos é enorme. Processos digitalizados (técnicos ou administrativos) são muito mais rápidos, muito mais precisos e custam muito menos. Quando os concorrentes saem na frente na corrida pela transformação digital, as empresas mais conservadoras tendem a perder competitividade, porque, na prática, demoram mais a responder aos novos perfis de consumo do mercado, e rapidamente caem no ostracismo, que é uma consequência fatal para a sobrevivência de uma organização.
3. Porque as novas tecnologias produtivas facilitam sobremaneira a produtividade e o engajamento direto do cliente, fazendo com que as tradicionais funções de intermediação, como distribuidores, pontos físicos de venda e outros, passem a se tornar gradativamente supérfluos. Pelo meio digital, o cliente pode interagir em alto grau diretamente com o fabricante, mesmo que esteja fisicamente a uma distância enorme.
4. A comunicação máquina a máquina ganhou um potencial virtualmente infinito, a partir do momento em que não se dependeu mais de redes com fios para realizar a interconexão das redes. Isso possibilita uma abrangência geográfica global, com centrais de processamento, dispositivos, sensores e mesmo usuários humanos espalhados por todo o mundo. Por isso, as redes sem fio são consideradas uma das principais responsáveis pela explosão de produtividade que a tecnologia M2M proporciona aos sistemas produtivos em geral.

2

Cloud computing

Certamente, em algum momento, a maioria das pessoas já se perguntou, ou parou para pensar, de maneira bem inocente: como é que se faz para desligar a internet? Onde está a tomada que dá para puxar, o botão que se pressiona para deixar tudo *off-line*? Seria possível, de algum modo, reverter a tecnologia da informação para o estágio pré-internet, deixando o mundo novamente desconectado?

A internet, como rede de computadores e respectivas informações por estes armazenadas e transitadas, é virtualmente indestrutível: não há um computador central ou ponto oculto que, uma vez inutilizado, derrube a rede.

Essa característica faz com que a onipresença digital seja irreversível, além de escalar o desenvolvimento de diversas outras tecnologias suportadas ou convergentes à TI. Sem dúvida, um dos mais revolucionários efeitos trazidos pela internet foi a introdução do novo paradigma computacional, a computação em nuvem.

2.1 A trajetória da virtualização

É inegável: a computação em nuvem (*cloud computing*) é o marco histórico decisivo da Quarta Revolução Industrial, da assim chamada *Indústria 4.0*. Após a sua difusão, a produtividade industrial, a efervescência dos novos negócios de alta tecnologia empregada e as benesses à sociedade atingiram patamares inéditos. Não obstante o rompante que caracteriza frente aos níveis da produção da era anterior (a Terceira Revolução Industrial), a aceleração de novidades suportadas pela plataforma de computação em nuvem é incrivelmente contínua e alta – um verdadeiro fenômeno exponencial.

Onde está a nuvem? A rigor, em todo lugar. Por isso, usa-se o termo, para expressar a indefinição geográfica de um determinado servidor que antes, na computação convencional, era o único responsável pelo armazenamento e processamento de determinados dados. Agora, com a rede mundial de computadores, não há mais local único de armazenamento da informação. Por meio de suas configurações de múltipla redundância, uma determinada informação está presente, simultaneamente, em equipamentos em diferentes locais. Mesmo no caso dos grandes provedores de serviço em nuvem, como Microsoft, Google e Amazon, que possuem instalações específicas com grande concentração de servidores de alta capacidade de armazenamento e processamento, a redundância permite que, mesmo destruindo-se por completo um desses *hubs* (com incêndio, explosão etc.), o conteúdo esteja preservado em centrais de servidores-espelho distribuídos globalmente.

Como lembram Rittinghouse e Ransome (2016), a computação em nuvem não está limitada apenas a uma coletividade de computadores, mas sim a rede como um todo, uma completa infraestrutura de TI (e *softwares* projetados nessa arquitetura) que viabiliza a computação ubíqua. Por computação ubíqua, computação distribuída ou computação onipresente, entenda-se a disponibilidade de recursos de TI em todas as situações práticas do cotidiano, de forma praticamente invisível ao usuário: no novo paradigma computacional, não se está mais limitado a experiência de sentar em frente a um microcomputador.

A computação ocorre em diversos dispositivos que acompanham a rotina das pessoas praticamente nas 24 horas do dia, no *smartphone* (que é um poderoso computador portátil), nos *smartwatches* (relógios de pulso, que parecem cada vez menos relógios e mais computadores completos) e nos inúmeros e insuspeitos dispositivos que caracterizam a *Internet of Things* (IoT, Internet das Coisas): a TV (*smart TV*) já é um dispositivo ligado à rede, a geladeira já se conecta à internet, os automóveis passam a ser computadores sobre quatro rodas, entre tantas outras inovações que se avolumam em novos lançamentos comerciais.

Isso inclui até mesmo o vestuário: já existem camisetas cuja estampa é um detector *wi-fi* funcional, apresentando número de conexões disponíveis e medição de nível de intensidade de sinal. Esse é apenas um exemplo da frente conhecida por *wearable* (os computadores “vestíveis”). O segredo dessa presença invisível de computadores praticamente em tudo o que cerca as pessoas é a crescente miniaturização dos dispositivos eletrônicos de TI, que conseguem se fazer presentes em cartões de Natal, canetas, eletrodomésticos, roupas, brinquedos etc.

O que caracteriza uma arquitetura de computação em nuvem, portanto, é a disponibilidade simultânea e compartilhada de recursos de TI em geral, reunindo redes de computadores, servidores, armazenamento, aplicações e serviços; recursos oferecidos (indústria) e consumidos (mercado) com um mínimo esforço, utilizando a internet como principal canal.

Na prática, a computação em nuvem permite que usuários e organizações em geral possam usufruir de enorme poder de computação (processamento e armazenamento) por meio de redes próprias ou terceirizadas, como apontam Zisis e Lekkas (2012). O mecanismo de acesso e utilização fica muito mais eficiente (destaque para a expressiva redução de custo ante a computação convencional) e altamente confiável. Quando empresas oferecem seus sistemas, *softwares* e serviços pela nuvem, elas apostam na grande procura (milhares ou milhões de usuários) para alcançar economia de escala. Destaque-se, ainda, que o fator custo (eficiência) pode até não ser tão relevante quanto a disponibilidade (eficácia) dos dados, os quais tornam-se acessíveis, simultaneamente, em todos os lugares que se fizerem necessários. No tocante a custos, é verdade que as decisões tendem a levar em conta o benefício da substituição de se fazer investimentos (capital) por custo variável por uso de recursos (custo operacional).

Como estratégia de TI, a computação em nuvem permite às companhias evitar ou minimizar custos de infraestrutura. É comum que o processamento pesado das aplicações se concentre nos servidores virtuais, permitindo que as estações clientes possam ser máquinas cada vez mais simples (menos caras). Assim, em vez de pesados investimentos em sua própria rede de TI (custos de aquisição somados aos custos de manutenção, tão ou mais significativos), a empresa pode melhor aplicar o recurso financeiro para se aprimorar na sua atividade-fim.

Quem consome serviços *cloud computing* usualmente está regido por políticas comerciais do tipo *pay-as-you-go*, ou seja, paga-se efetivamente por aquilo que é consumido, o que é diferente do modelo convencional de licenciamento de *software*, que cobra preço único pelo programa todo (seja ele plenamente utilizado ou apenas em algumas funções específicas). Naturalmente, é um modelo comercial que inspira cuidado por parte dos administradores de TI, porque uma especificação inadequada no momento de aquisição do serviço pode fazer com que a organização incorra em custos desnecessários.

Segundo o NIST (2011), agência governamental não regulatória da administração de tecnologia do Departamento de Comércio dos EUA, a definição da computação em nuvem envolve cinco atributos essenciais.

1. Autosserviço sob demanda – um usuário pode unilateralmente adquirir mais capacidade de computação, como tempo de servidor e armazenamento em rede, conforme sua necessidade, de forma automática, ou seja, sem precisar realizar uma interação humana com o provedor de serviços.
2. Amplo acesso de rede – as capacidades estão disponíveis através da rede, sendo acessadas por meio de mecanismos padrão que promovem o uso por diversificadas plataformas de clientes (por exemplo, telefones celulares, *tablets*, *laptops* e estações de trabalho).

3. Agrupamento de recursos – os recursos de computação do provedor são agrupados para atender a vários consumidores usando um modelo multi-inquilino, com diferentes recursos físicos e virtuais atribuídos, permanentemente reatribuídos de forma dinâmica, de acordo com a demanda do consumidor.
4. Elasticidade rápida – as capacidades podem ser provisionadas e liberadas elasticamente, em alguns casos de modo automático, para escalar rapidamente para dentro e para fora, em conformidade com a demanda. Para o consumidor, as capacidades disponíveis para provisionamento geralmente aparecem ilimitadas, podendo assim ser apropriadas em qualquer quantidade e a qualquer momento.
5. Medição de serviço – os sistemas de nuvem controlam e otimizam automaticamente o uso de recursos, operando função de medição em algum critério apropriado ao tipo de serviço (por exemplo, armazenamento, processamento, largura de banda e número de usuários ativos). O uso de recursos pode ser monitorado, controlado e reportado, proporcionando transparência tanto para o provedor quanto para o consumidor do serviço utilizado.

Apesar de transparecer modernidade, Rittinghouse e Ransome (2016) lembram que o conceito de computação em nuvem remonta a algumas décadas passadas. Já nos idos de 1960, os conceitos iniciais de compartilhamento de tempo foram popularizados pela antiga tecnologia RJE (*Remote Job Entry*, ou entrada de trabalho remoto). Essa terminologia, empregada pelos então tradicionais gigantes do mercado, marcas como IBM e DEC, era o vanguardista processo de encaminhar requisições de processamento de dados (as *jobs*), para *mainframes* (computadores de grande porte), por meio de estações remotas (a distância) de trabalho, e, claro, o consequente processo de receber o retorno desse processamento nas mesmas estações demandantes.

Nos anos de 1970, soluções completas de gerenciamento de tempo se tornaram disponíveis por meio de plataformas com a *Multics* (baseadas em *hardware GE*), Cambridge CTSS e as primeiras portas *Unix* (baseadas em *hardware DEC*). É a época em que o modelo de *data center* (centro de processamento de dados) se consolidou, com a difusão da arquitetura de rede em que usuários submetem *jobs* para processamento em *mainframes* IBM, os mais comuns.

Em meados de 1980, proliferaram os computadores para uso doméstico, ainda sem grande capacidade para atuação em rede, como já era realidade no ambiente das organizações empresariais. Como os tradicionais PCs de fabricantes como IBM e HP eram ainda equipamentos de alto custo, marcas alternativas começaram a ganhar o mercado voltado ao público doméstico. É nessa época que surge, por exemplo, o computador doméstico de baixo custo projetado pela Microsoft, modelo MSX (*Microsoft Expanded*). Apesar de não serem equipamentos voltados a uma arquitetura funcional em rede, a estratégia de massificar computadores para os lares das pessoas foi uma importante medida que viria a facilitar a difusão da internet comercial da década seguinte.

Foi a partir de 1990 que as empresas de telecomunicações, que até então ofertavam redes dedicadas de dados ponto-a-ponto, começaram a oferecer serviços de rede privada

virtual (VPN), alternativa com qualidade equivalente de serviço, porém a um custo muito menor. No entendimento de Zisis e Lekkas (2012), monitorando melhor a intensidade do tráfego de dados nos servidores, permitindo equalizar e melhor distribuir os canais, a tecnologia permitiu um melhor uso da largura de banda da rede. Na literatura técnica e nos próprios equipamentos, começou-se a adotar o ícone gráfico da nuvem () para denotar o ponto de demarcação entre até onde o servidor atua e a partir de onde os usuários atuam.

Produtos experimentais começaram a surgir para tentar melhor explorar o compartilhamento de tempo computacional: por exemplo, é nessa época que surge o *hardware* em forma de placa *offboard* (separada da placa mãe) que permitia que um único computador controlasse simultaneamente 5 teclados, 5 mouses e 5 monitores, procurando otimizar a capacidade ociosa de CPU de um computador, que, dessa forma, poderia atender 5 instâncias de utilização (5 usuários diferentes, trabalhando de forma independente). Isso fez parte do movimento da indústria de TI de procurar explorar diferentes maneiras de disponibilizar poder de computação em grande escala para mais usuários, por meio do compartilhamento de tempo das máquinas. Por isso, houve grande ênfase no desenvolvimento de algoritmos voltados à otimização de infraestrutura de rede, assim como plataformas e aplicativos de priorização de processamento de CPU para aumentar a eficiência disponibilizada aos usuários finais.

A partir dos anos 2000, a computação em nuvem começa a ser realidade instituída em toda arquitetura de redes de informática. No início de 2008, a iniciativa OpenNebula da Nasa, nos EUA, tornou-se o primeiro *software* de código aberto para a implantação de nuvens privadas e híbridas, também vital para viabilizar a *cloud federation* (federação das nuvens), nome que se dá à prática de interconexão de ambientes de computação em nuvem de dois ou mais provedores de serviço, com vistas ao balanceamento de carga de tráfego de dados, melhor acomodando picos de demanda. Na mesma época, a tecnologia se desenvolve a ponto de viabilizar a computação em nuvem em tempo real – essencial especialmente para o mercado de *videogames* de última geração.

Nome que se traduz em autoridade na indústria de TI, a tradicional consultoria Gartner identificou a oportunidade para a computação em nuvem moldar a relação entre os *players* da tecnologia da informação, aqueles que consomem serviços de TI (mercado) e aqueles que os vendem (indústria), observando que as organizações estão mudando os convencionais ativos de *hardware* e *software* para modelos baseados em serviços por uso. A implicação disso, segundo a Gartner, é um dramático aumento nos produtos de TI em algumas áreas, simultaneamente a reduções significativas em outras áreas.

De fato, como apontam Rittinghouse e Ransome (2016), observa-se uma proliferação de plataformas de computação em nuvem em anos mais recentes. Foi em 2006 que a Amazon lançou seu Elastic Compute Cloud. Dois anos depois, a Microsoft lançava seu Windows Azure, renomeado em 2014 para Microsoft Azure. O G Suite (ou Google Apps) do Google se tornou uma plataforma consagrada para público doméstico e empresarial, integrando computação em nuvem, ferramentas de produtividade e de colaboração, continuamente aprimorada desde seu lançamento em 2006. Em 2011, a IBM anunciou seu SmartCloud. Em 2012, a Oracle lançou o Oracle Cloud. Isso consolida a evidência de que os fornecedores de

TI que operam em mercado global não ignoram a computação em nuvem como estratégia central nos seus atuais e futuros negócios.

Em uma estratégia que aposta no *software* livre, em 2010 a Nasa, em conjunto com o parceiro Rackspace Hosting, lançou uma iniciativa denominada OpenStack, visando ajudar as organizações empresariais a rodar mais serviços *open source* (código aberto) baseados em nuvem em *hardware* convencional.

2.2 As diversas nuvens

Vive-se a era da arquitetura de TI orientada ao serviço. Isso dá origem ao termo EaaS (*Everything as a Service*), ou seja, tudo passando a ser oferecido como serviço. Apesar disso, há que se reconhecer que os provedores de soluções em nuvem oferecem seus serviços de acordo com diferentes modelos de negócio. Para o NIST (2011), dessa variedade, três são modelos padrão: *Infrastructure as a Service* (IaaS), *Platform as a Service* (PaaS) e *Software as a Service* (SaaS).

O que esses modelos oferecem é uma abstração crescente; eles são, dessa forma, frequentemente retratados como camadas em uma pilha: infraestrutura, plataforma e *software* como serviço, mas não necessariamente relacionados. Portanto, para conceituar:

- *Software as a Service* (SaaS) – é traduzido por *software* como um serviço. A conveniência fornecida ao usuário é poder usar os aplicativos que são executados por servidores em uma infraestrutura de nuvem. Isso tem grande relevância principalmente no caso de aplicativos que seriam demasiadamente pesados para uma execução local (exigindo muito do *hardware*). Os programas são acessáveis por uma interface leve para a máquina local, como é o caso, tipicamente, de um navegador *web* (como Google Chrome, Microsoft Edge etc.). O usuário não gerencia ou possui controle sobre a principal infraestrutura de nuvem, ou seja, rede, servidores, sistemas operacionais, armazenamento ou mesmo recursos de aplicativos individuais, exceto por ajustes específicos de configuração de aplicativos em nível de usuário.
- *Platform as a Service* (PaaS) – é traduzido por plataforma como um serviço. Nesse caso, o que se entrega ao usuário é a disponibilidade da plataforma na nuvem, para que nela sejam implantados os conteúdos ou programas criados pelo usuário, ou por ele adquiridos, pelo uso de linguagens de programação, bibliotecas, serviços e ferramentas disponibilizados pelo provedor. O poder de controle do usuário é limitado ao controle sobre o conteúdo fornecido à nuvem, bem como ajustes de configurações da aplicação no ambiente de hospedagem.
- *Infrastructure as a Service* (IaaS) – é traduzido por infraestrutura como um serviço. A capacidade fornecida ao usuário é bastante ampla, em termos de se providenciar processamento, armazenamento, redes e outros recursos de computação fundamentais, em que o usuário pode implantar e executar *software* como bem desejar, incluindo aí sistemas operacionais e aplicativos. O consumidor não tem controle literalmente sobre infraestrutura da nuvem em si, mas sim sobre sistemas

operacionais, armazenamento e aplicativos implantados, e até mesmo algum controle (limitado) sobre os componentes de rede selecionados (por exemplo, *firewalls de host*, que atuam como recursos do sistema operacional contra acesso não autorizado e ataques pela rede).

Para Rittinghouse e Ransome (2016), os provedores de IaaS em nuvem fornecem recursos sob demanda a partir de sua vasta concentração de equipamentos instalados em seus *data centers*. Para uma conectividade de área ampla, os clientes podem usar a internet ou as nuvens de operadoras (redes privadas virtuais dedicadas). Para implantar suas aplicações, os usuários da nuvem instalam imagens do sistema operacional e seus aplicativos na infraestrutura da nuvem. Nesse regime, o usuário da nuvem aperfeiçoa e mantém os sistemas operacionais e o *software* aplicativo. Os provedores de nuvem geralmente cobram pelos serviços IaaS em uma base de utilidade: o preço reflete a quantidade de recursos alocados e consumidos.

Por sua vez, os fornecedores de soluções PaaS oferecem um ambiente de desenvolvimento aos desenvolvedores de aplicações. Em um cenário típico, o fornecedor desenvolve *toolkits* (ferramentas), padrões de desenvolvimento e canais de distribuição e pagamento. No modelo PaaS, provedores de nuvem entregam uma plataforma de computação, o que geralmente inclui sistema operacional, ambiente de execução linguagem de programação, base de dados e servidor *web*. Desenvolvedores podem criar e rodar suas soluções de *software* em uma plataforma *cloud* sem o custo e a complexidade de comprar e gerenciar por conta própria todas as camadas subjacentes de *hardware* e *software*. Destaque-se que em algumas soluções PaaS, tais como o Microsoft Azure e o Google App Engine, os recursos de processamento e armazenamento escalam automaticamente para atender a demanda da aplicação, de tal modo que o usuário fica livre da tarefa de ter que alocar recursos manualmente. Na prática, isso vem a favorecer desempenho em tempo real em ambientes na nuvem.

Influenciados pela atratividade do modelo PaaS, alguns fornecedores de integração e gerenciamento de dados também adotaram aplicações derivadas dessa arquitetura como modelos de entrega para soluções de dados. Os exemplos incluem o iPaaS (*Integration Platform as a Service*, ou plataforma de integração como um serviço) e o dPaaS (*Data Platform as a Service*, ou plataforma de dados como um serviço). O iPaaS permite aos usuários desenvolver, executar e controlar os fluxos de integração entre sistemas e aplicativos. Sob o modelo de integração do iPaaS, os clientes dirigem o desenvolvimento e implementação de integração sem ter que instalar nenhum *hardware* ou *middleware* (*software* de mediação entre diferentes elementos).

Por sua vez, o dPaaS provê produtos de integração e gerenciamento de dados como serviços totalmente gerenciados: sob regime dPaaS, é o fornecedor PaaS, e não o cliente, quem gerencia o desenvolvimento e execução de soluções de dados, por meio da criação de aplicativos de dados personalizados para o cliente. Ao mesmo tempo, os usuários do dPaaS mantêm a transparência e o controle sobre os dados com ferramentas de visualização. Destaque-se que um recente emprego especializado de PaaS é o chamado *Blockchain as a Service* (BaaS), ou *blockchain*¹ como um serviço, que alguns fornecedores, tais como o IBM

¹ Informações sobre *blockchain* estão disponíveis no Capítulo 7, na seção *FinTech*.

Bluemix, já incluem em suas ofertas PaaS. Ou seja, por conceito, várias plataformas são embarcáveis nessa arquitetura, tornando o PaaS bastante versátil na indústria de TI.

No caso do modelo de *software* como serviço (SaaS), os usuários dispõem de acesso a aplicativos e bancos de dados. Os provedores de nuvem gerenciam a infraestrutura e as plataformas que executam os aplicativos. Comumente, o SaaS é chamado de *software sob demanda*. Geralmente o modelo de negócio envolvido determina cobrança em uma base de pagamento por uso ou, então, uma taxa de assinatura. Portanto, no modelo SaaS, os provedores instalam aplicativos na nuvem e os usuários da nuvem acessam este *software* pela nuvem. Exemplo: pacote Office 365, da Microsoft, ou o Google Docs, do Google.

Os usuários de nuvem não gerenciam a infraestrutura de nuvem, tampouco a plataforma onde o aplicativo é executado. Isso elimina a necessidade de instalar e executar o aplicativo nos próprios computadores do usuário, o que simplifica a manutenção e o suporte. Cabe ressaltar que os aplicativos em nuvem diferem de outras aplicações em sua escalabilidade: isso pode ser conseguido por meio da clonagem de tarefas em várias máquinas virtuais para atender a demanda. Como descrevem Rittinghouse e Ransome (2016), os equilibradores de carga distribuem o trabalho no conjunto de máquinas virtuais (computação distribuída). Esse processo é totalmente transparente para o usuário da nuvem, que percebe, para todos os efeitos, apenas um único ponto de acesso. Para acomodar uma grande quantidade de usuários em nuvem, aplicações em nuvem tendem a ser multi-inquilinos, o que significa que qualquer máquina pode atender a mais de um usuário.

Na prática, como o modelo de preços para aplicações SaaS é, em geral, uma taxa mensal ou anual por usuário, favorecem-se preços escaláveis e ajustáveis, à medida que usuários são adicionados ou removidos. Os entusiastas dessa tecnologia costumam afirmar que a SaaS oferece às empresas o potencial de reduzir os custos operacionais de TI, por meio da terceirização de manutenção e suporte de *hardware* e *software* para o provedor da nuvem. Isso permite que a empresa realoque orçamento de TI para sua atividade-fim.

Além disso, com os aplicativos hospedados de forma centralizada, as atualizações podem ser facilitadas, sem necessidade dos usuários replicarem inúmeras vezes a instalação. Por outro lado, há quem entenda que uma desvantagem do SaaS vem com o armazenamento dos dados pessoais dos usuários no servidor do provedor da nuvem. Como resultado, pode ocorrer um eventual acesso não autorizado/vazamento de dados. Por esse motivo, por mais seguro que o ambiente digital possa transparecer ser, as boas práticas de segurança de TI (mudança de senhas de tempos em tempos, entre outras) continuam sendo sempre úteis.

Há ainda mais arquiteturas que mais recentemente passaram a ser exploradas industrialmente. É o caso do *Security as a service* (SEaaS) – segurança como um serviço. Esse é um modelo de negócios em que um grande provedor de serviços integra seus serviços de segurança em uma infraestrutura corporativa, com base em um valor de assinatura muito mais vantajoso do que o custo total da aquisição individualizada desses serviços representaria. Nessa configuração, a segurança é entregue como um serviço da nuvem, que roda independente do *hardware* local, evitando significativos desembolsos de capital. Esses serviços de segurança geralmente incluem autenticação, antivírus, *anti-malware/spyware*, detecção de intrusão e gerenciamento de eventos de segurança, entre tantos outros itens.

Existe ainda o *Serverless computing* (computação em nuvem desprovida de servidores). Trata-se de um modelo de execução de código de computação em nuvem no qual o provedor gerencia totalmente o início e a parada de máquinas virtuais, conforme necessário para atender solicitações, e as ordens são cobradas/faturadas por uma medida abstrata dos recursos necessários para satisfazer a solicitação.

Para Zisis e Lekkas (2012), a arquitetura em nuvem pode ser privada ou pública. A nuvem privada é a infraestrutura de nuvem operada exclusivamente por uma única organização, seja administrada internamente ou por um terceiro, e hospedada internamente ou externamente. A realização de um projeto de nuvem privada requer um significativo envolvimento para virtualizar o ambiente de negócios, demandando que a organização reavalie decisões sobre os recursos existentes. Pode melhorar os negócios, mas cada passo no projeto levanta problemas de segurança que devem ser endereçados para evitar vulnerabilidades graves. Geralmente, esses *data centers self-run* (autoexecução) requerem investimento de capital intensivo. Eles têm um impacto físico considerável, exigindo alocações de espaço, *hardware* e controles ambientais.

Esses ativos devem ser atualizados periodicamente, resultando em custos adicionais de gestão. Algumas das críticas que o modelo sofre derivam do fato de os usuários ainda precisarem comprar, construir e gerenciar, portanto, não se beneficiam de uma gestão menos operacional, que é essencialmente o modelo econômico que torna a computação em nuvem um conceito tão intrigante. Por isso, na prática, investir no próprio *data center* dedicado se torna estratégia do fornecedor de serviços em nuvem, e não dos usuários (sejam corporativos ou domésticos). Para um, é ativo organizacional e proposta de valor do modelo de negócio; para outro, é conveniência do serviço que se adquire.

Por sua vez, *nuvem pública* é denominação em que serviços são prestados por meio de uma rede aberta para uso público. Os serviços de nuvem pública podem ou não ser gratuitos. Tecnicamente, pode haver pouca ou nenhuma diferença entre a arquitetura de nuvem pública e privada, no entanto, a consideração de segurança pode ser substancialmente diferente para os serviços (aplicativos, armazenamento e outros recursos) que são disponibilizados por um provedor de serviços para uma audiência pública e quando a comunicação é efetuada por uma rede não confiável. Geralmente, os provedores públicos de serviços em nuvem, como a Amazon Web Services (AWS), a Microsoft e o Google possuem e operam a infraestrutura em seu *data center* e o acesso é usualmente feito pela internet. A AWS e a Microsoft também oferecem serviços de conexão direta denominados AWS Direct Connect e Azure ExpressRoute, respectivamente. Essas conexões exigem que os clientes comprem ou aluguem uma conexão privada para um ponto de troca de tráfego oferecido pelo provedor da nuvem.

A nuvem híbrida é a composição de duas ou mais nuvens (privadas, comunitárias ou públicas) que permanecem distintas, mas vinculadas, oferecendo os benefícios de vários modelos de implantação. A nuvem híbrida também pode significar a capacidade de conectar serviços de compartilhamento, serviços dedicados ou gerenciados com recursos da nuvem. É um modelo que permite expandir a capacidade de um serviço em nuvem, por agregação, integração ou personalização com outro serviço na nuvem.

O modelo de nuvem comunitária compartilha infraestrutura entre várias organizações de uma comunidade específica com interesses comuns (segurança, conformidade, jurisdição etc.), podendo ser administrado internamente ou por um terceiro, seja hospedado internamente ou externamente. Os custos são distribuídos por menos usuários do que uma nuvem pública, porém mais usuários do que uma nuvem privada, de modo que apenas alguns dos potenciais de economia de custos da computação em nuvem são alcançados.

A nuvem distribuída é uma plataforma que pode ser montada em um conjunto distribuído de máquinas em diferentes locais, conectado a uma única rede ou serviço de *hub* (equipamento que interliga vários computadores a uma rede). É possível distinguir entre dois tipos de nuvens distribuídas: computação de recursos públicos e nuvem voluntária.

Computação de recursos públicos resulta de uma definição expansiva de computação em nuvem, porque eles são mais parecidos com a computação distribuída do que a computação em nuvem. No entanto, é, ainda assim, considerado uma subclasse de computação em nuvem. Quanto à nuvem voluntária, esta se caracteriza como a interseção da computação de recursos públicos e da computação em nuvem, em que uma infraestrutura é construída usando recursos voluntários. Muitos desafios costumam surgir desse tipo de configuração, devido à volatilidade dos recursos utilizados para a construção e ao ambiente dinâmico em que opera. Também pode ser chamado de nuvem *peer-to-peer* (par-a-par, ou ponto-a-ponto) ou nuvens *ad hoc* (para uma única finalidade).

A *intercloud* é a chamada interconexão *nuvem de nuvens*, em analogia à forma como a internet é considerada a *rede das redes*. Sua arquitetura é mais voltada à interoperabilidade direta entre provedores públicos de serviços em nuvem, do que entre fornecedores e consumidores.

A *multicloud* é denominação que se dá ao emprego de vários serviços de computação em nuvem em uma única arquitetura heterogênea para reduzir a dependência de fornecedores únicos, aumentar a flexibilidade de escolha, plano de mitigação contra desastres, entre outros. Difere da nuvem híbrida na medida em que se refere a múltiplos serviços em nuvem, em vez de múltiplos modos de implantação (público, privado, legado).

2.3 Os pontos-chave de segurança

Ambientes de computação em nuvem costumam ser altamente seguros, mas, como lembram Ramos et al. (2012), não existe segurança total (absoluta). Como apontam Mishra et al. (2013), primeiramente, a computação em nuvem desperta preocupações de privacidade, porque o provedor de serviços pode acessar os dados que estão na nuvem a qualquer momento (como, por exemplo, dados pessoais, número e senha de cartão de crédito, fotos etc.). Por algum incidente, é possível que, acidental ou deliberadamente, se alterem ou mesmo se excluam informações.

Muitos provedores da nuvem acabam por compartilhar informações com terceiros, em situações tais como decisões judiciais. Ou pode fazer parte do regime comum de

negócio o compartilhamento, total ou parcial, com terceiros, principalmente quando os serviços são oferecidos gratuitamente (sempre há um preço que se paga, às vezes, ele não é financeiro: a moeda de troca são os dados pessoais). Isso costuma ser declarado nas políticas de privacidade, que os usuários devem concordar antes de começar a utilizar os serviços da nuvem. Os aspectos de privacidade incluem políticas e legislação, bem como opções que se dá dos usuários finais sobre como os dados são armazenados. Como boa prática, os usuários podem criptografar dados que são processados ou armazenados dentro da nuvem, para evitar acesso não autorizado.

De acordo com a CSA (2010), instituição sem fins lucrativos voltada à promoção das melhores práticas de segurança para computação em nuvem, as três principais ameaças na nuvem são interfaces e API² inseguras, vazamento e perda de dados e falha de *hardware*, que representam, respectivamente, 29%, 25% e 10% de todos os incidentes de segurança da nuvem. Juntos, eles se revelam os grandes desafios de segurança da computação em nuvem para a indústria de TI.

Em uma plataforma na nuvem, tipicamente de uso comum por parte de diferentes usuários, é bem possível que dados de diferentes clientes estejam aloados no mesmo servidor de dados. Portanto, como destacam Mishra et al. (2013), uma das possibilidades de vazamento de informações é quando, por um engano qualquer, a informação de um cliente seja fornecido a outro. *Crackers* (*hackers* voltados a atividades criminosas) sempre foram uma preocupação recorrente na indústria de TI, e com a tecnologia de computação em nuvem, eles ganharam novo território para explorar suas ações. De fato, costumam dedicar bastante tempo e esforço procurando maneiras de invadir a nuvem, em busca de um “calcanhar de Aquiles” que parece sempre existir – como evidenciam os constantes *patches* de atualização de segurança nos sistemas informatizados.

Um exemplo de como é importante manter os sistemas sempre atualizados com os últimos pacotes de segurança foi o vírus Wannacry³, que, em 2017, comprometeu o acesso de milhares de computadores pelo mundo afora, paralisando órgãos no Brasil como Ministério Público do Estado de São Paulo e INSS, além de bancos na Ucrânia, companhias petrolíferas na Rússia, hospitais na Inglaterra, entre diversas outras vítimas. O *ransomware* – tipo de vírus de computador que sequestra arquivos das máquinas infectadas (colocando senha para acesso), pedindo resgate para a devida liberação – só atingiu máquinas com versões desatualizadas do sistema operacional Windows.

Para Rittinghouse e Ransome (2016), uma preocupação evidente é que, diante do fato de que dados de centenas ou milhares de empresas são armazenados nos servidores configurados na nuvem, um único ataque bem-sucedido poderia comprometer um volume muito grande de informações. Para além da mera especulação teórica, a prática tem demonstrado

2 API é um conjunto de rotinas e padrões de programação para acesso a um aplicativo de *software* ou plataforma baseado na *web*. A sigla refere-se ao termo em inglês *Application Programming Interface*, que é traduzida para o português como Interface de Programação de Aplicativos.

3 Para mais informações sobre ameaças virtuais de grande impacto como o Wannacry, veja: MOHURLE, S.; PATIL, M. A brief study of Wannacry threat: ransomware attack 2017. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, v. 8, n. 5, 2017.

que essa preocupação tem sua importância: alguns exemplos disso incluem as ocorrências de 2014 envolvendo Dropbox e iCloud. O Dropbox foi violado em 2012 (HEIM, 2016), com 68 milhões de senhas roubadas por *crackers*, episódio um tanto vanguardista no que diz respeito à chantagem envolvida, na forma de pedido de pagamento em *bitcoins*. Não bastasse um pirata possuir a senha de usuários, por si só um dos mais graves incidentes de segurança, a ameaça era que, caso o pagamento pretendido não fosse realizado em tempo hábil, tais informações seriam tornadas públicas na internet, passando a ser indexadas em mecanismos de buscas. O resultado seria que uma simples busca no Google por um determinado *login* levaria a páginas de resultado com a divulgação das senhas.

Existe ainda a discussão sobre o problema da propriedade legal dos dados: se um usuário armazena dados privados na nuvem, o provedor pode lucrar com isso, vendendo, por exemplo, informação privilegiada ou segmentada para terceiros? Muitos acordos de termos de serviço, impostos obrigatoriamente aos usuários como condição de acesso aos serviços oferecidos, acabam sendo misteriosamente omissos a respeito da questão da propriedade.

Há quem defende que a posse física e o controle do equipamento de TI (nuvem privada) seriam, em tese, mais seguros do que manter equipamentos fisicamente fora da empresa e sob o controle de outra instância (nuvem pública). Na prática, isso proporciona um grande estímulo aos provedores públicos de serviços de computação em nuvem para priorizar a construção e manutenção de um gerenciamento forte de serviços seguros. Afinal, transparecer ao mercado que são organizações de alta credibilidade é vital no modelo de negócio que operam.

Para Mishra et al. (2013), ocorre que organizações de micro e pequeno porte, que frequentemente não possuem uma grande experiência em segurança de TI, são mais propensas a considerar suficientemente seguro usar a nuvem pública. Cabe considerar que sempre há o risco inerente aos usuários finais que ignoram os potenciais problemas envolvidos ao iniciar sessão em um serviço na nuvem: no geral, as pessoas às vezes não leem as inúmeras páginas dos termos do contrato de serviço e apenas clicam em *aceitar*, de forma automática. É um aspecto que se torna ainda mais importante, neste momento em que a computação em nuvem escala em popularidade.

Serviços que se tornaram tão corriqueiros no que diz respeito à utilização pelas pessoas, como assistentes pessoais inteligentes (Siri da Apple ou Google Now), são exemplos de aplicações que raramente os usuários lembram das condições legais que aceitaram para começar a usufruir do serviço (o que pode e o que não pode ser reclamado, diante de ocorrências como, por exemplo, uso de informações por parte de terceiros). Tecnicamente, a nuvem privada é mais segura, proporcionando níveis mais altos de controle para seu proprietário, no entanto, por outro lado, a nuvem pública é mais flexível e requer menos investimento em tempo e dinheiro do usuário. Em suma, essas são as realidades de mercado no que diz respeito às alternativas para computação em nuvem.

A decisão por migrar a estrutura informatizada de uma organização requer, como qualquer processo de tomada de decisão organizacional, um balizamento estratégico, que

pondere vantagens e desvantagens. Como ressaltam Zisis e Lekkas (2012), por mais avançada e bem difundida que seja uma tecnologia, ela sempre apresentará também seus limites e desvantagens, que não podem ser ignorados.

Uma dessas desvantagens é o menor nível de personalização oferecido ao usuário. Afinal, como esclarecem Rittinghouse e Ransome (2016), a computação em nuvem é mais barata por uma questão de economia de escala. Diferentemente de um serviço feito sob medida para as características peculiares de um cliente, as opções costumam ser as pré-formatadas e genéricas. Fazendo uma analogia, é como na experiência de comprar um terno ou um vestido: é possível mandar fazer sob encomenda, e também é possível buscar as opções já disponíveis no mercado – fazer sob encomenda permite que só se tenha um tamanho para aquela roupa, que é o tamanho único e exclusivo daquela pessoa; naturalmente, paga-se a mais por isso. Pagar menos implica em escolher o que já está pronto: tamanho P, M ou G. Nesse caso, é a pessoa que, de certa forma, se adapta à roupa, e não o contrário. Por isso, é uma questão de legítima opção comercial: menos opções, a um preço muito mais barato, é característica intrínseca, não *bug* (defeito) de produto.

A nuvem pode esbarrar, também, nas políticas jurídicas da empresa, o que é especialmente recorrente em grandes organizações. Não raro, o provedor de serviços de computação em nuvem pode apresentar termos e condições de acesso ao produto que são parcialmente incompatíveis com as exigências legais da empresa para trabalho com fornecedores de serviços. Na computação em nuvem, o controle da infraestrutura é exclusividade do fornecedor. Os provedores de nuvem geralmente decidem sobre as políticas de gerenciamento, que determina o que os usuários da nuvem podem ou não fazer com a implantação do serviço.

Os usuários da nuvem também estão limitados ao controle e gerenciamento de suas aplicações, dados e serviços. Isso inclui, às vezes, limites de dados, que são impostos aos usuários da nuvem pelo fornecedor, com atribuição de determinada quantidade de largura de banda para cada cliente. Muitas vezes, essa largura de banda é compartilhada com outros usuários da nuvem. A privacidade e confidencialidade são grandes preocupações em alguns casos, como lembram Zisis e Lekkas (2012). Por exemplo, tradutores juramentados trabalhando em nuvem de acordo com as exigências de um prévio NDA (*non disclosure agreement* – termo de confidencialidade) podem enfrentar problemas relacionados a dados sensíveis que não são criptografados.

Reconheça-se, enfim, que a computação em nuvem ainda é recente, se comparada a todas as demais tecnologias do arcabouço de TI, como explica Ramos et al. (2012). Portanto, ainda é um tema de intensa pesquisa e desenvolvimento. Um direcionador na evolução da computação em nuvem são os CTO (*Chief Technology Officer*) dos principais provedores continuamente procurando minimizar o risco de interrupções internas e mitigar a complexidade da rede física e *hardware* que precisam administrar internamente. Assim, as principais empresas de tecnologia da nuvem investem bilhões de dólares por ano na pesquisa e no desenvolvimento dessa tecnologia, como, por exemplo a Microsoft, que, em 2011, comprometeu 90% do seu orçamento de P&D de US\$ 9,6 bilhões para o aprimoramento da sua tecnologia de nuvem.

Conclusão

A grande disruptão (mudança radical de comportamentos e hábito das pessoas) que a computação na nuvem proporciona é a premissa de que se pode acessar, de qualquer lugar do mundo, dados e programas alocaos em servidores indeterminados, que podem estar fisicamente instalados em *data centers* em diferentes partes do planeta. Trata-se de uma tecnologia de alta difusão na indústria de TI, mas que já nascia na época das primeiras contas de *e-mail*, sem que muitos se dessem conta disso: afinal, onde estão ou sempre estiveram aquelas informações, mensagens recebidas e enviadas, que são acessadas tão facilmente pela internet?

Desafios existem para a *cloud computing*, no que diz respeito a importantes questões de aumento da capacidade de segurança, interoperabilidade, habilidade de transacionar e migrar dados entre nuvens privadas e públicas.

Para a transformação da sociedade que a Indústria 4.0 impõe, como *smart cities*, digitalização dos processos produtivos e organizações exponenciais, a tecnologia de computação em nuvem torna-se recurso onipresente na indústria de TI.

Ampliando seus conhecimentos

Vieira (2017) pesquisou a respeito dos fatores que influenciam a adoção da computação em nuvem pelas empresas no Brasil. Sete foram os fatores identificados: vantagem relativa, compatibilidade, complexidade, observação, testagem, benefícios percebidos e riscos percebidos.

Computação em nuvem: fatores que influenciam a adoção pelas empresas no Brasil

(VIEIRA, 2017, p. 88-89)

Os fatores Vantagem relativa, Compatibilidade, Observação e Testagem estão positivamente associados à adoção da CN, entretanto, o fator Complexidade está associado negativamente à adoção da CN.

O fator Benefícios percebidos contribui para explicar a adoção da CN e está positivamente associado à adoção, quanto maior for o benefício maior a disposição para adotar a CN. Além disso, os seguintes indicadores de Benefícios percebidos tiveram significância estatística:

“Redução de Custo”, “Flexibilidade”, “Acessibilidade e Mobilidade”, “Permite que os colaboradores foquem mais nos negócios e estratégias da empresa” e “As Características da CN permitem que a empresa desenvolva novos modelos de negócio”.

Os inibidores na adoção da CN vão além da complexidade abordada na DOI e a pesquisa identificou que Riscos percebidos é um dos fatores de maior efeito na adoção da CN.

Conhecendo esses inibidores tanto as empresas quanto os provedores de CN podem tomar decisões de forma a mitigar ou evitar estes riscos de tal forma que aumente a adoção, haja 89 vista que o fator Riscos percebidos é associado negativamente à adoção da CN. Quanto maior o risco menor a adoção e vice-versa.

No fator Riscos percebidos, os seguintes indicadores tiveram significância estatística: Dependência do Provedor, Segurança da Informação, Legislação e Regulamentação, Privacidade e/ou Confidencialidade e Redução dos Níveis de Serviços.

Atividades

1. Qual é a razão da computação em nuvem representar redução de custo para as empresas?
2. O que é o SaaS?
3. Como funciona uma nuvem híbrida?
4. Quais são os maiores riscos associados à atividade de computação em nuvem?

Referências

CSA – Cloud Security Alliance. **Top threats to cloud computing v1.0.** 2010. Disponível em: <<https://cloudsecurityalliance.org/topthreats/csathreats.v1.0.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2017.

MISHRA, A. et al. Cloud computing security. **International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication**, v. 1, n. 1, p. 36-39, 2013.

NIST – National Institute of Standards and Technology. **The NIST Definition of Cloud Computing**. Disponível em: <<http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2017.

RAMOS, E. et. al. **Gestão estratégica da tecnologia da informação**. São Paulo: Ed. FGV, 2012.

RITTINGHOUSE, J.; RANSOME, J. **Cloud computing: implementation, management, and security**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2016.

VIEIRA, C. **Computação em nuvem: fatores que influenciam a adoção pelas empresas no Brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2017.

ZISSLIS, D.; LEKKAS, D. Addressing cloud computing security issues. **Future Generation Computer Systems**, v. 28, n. 3, p. 583-592, 2012.

 Resolução

1. Como estratégia de TI, a computação em nuvem permite às empresas evitar ou minimizar custos de infraestrutura. É comum que o processamento pesado das aplicações se concentre nos servidores virtuais, permitindo que as estações clientes possam ser máquinas cada vez mais simples (menos caras). Assim, em vez de pesados investimentos em sua própria rede de TI, a empresa pode melhor aplicar o recurso financeiro para se aprimorar na sua atividade-fim.
2. Na tecnologia de *software como serviço* (SaaS), a conveniência fornecida ao usuário é poder usar os aplicativos que são executados por servidores em uma infraestrutura de nuvem. Isso é bastante interessante no caso de aplicativos que seriam demasiadamente pesados para uma execução local (exigindo muito do *hardware*). Os programas são acessíveis por uma interface leve para a máquina local, como, tipicamente, um navegador *web*. O usuário não possui controle sobre a principal infraestrutura, ou seja, rede, servidores, sistemas operacionais, armazenamento ou recursos de aplicativos individuais, exceto por ajustes específicos de configuração de aplicativos em nível de usuário.
3. Trata-se da composição de duas ou mais nuvens (privadas, comunitárias ou públicas) que permanecem entidades distintas, mas estão vinculadas, oferecendo os benefícios de vários modelos de implantação. A nuvem híbrida também pode significar a capacidade de conectar serviços de compartilhamento, serviços dedicados ou gerenciados com recursos da nuvem. É um modelo que permite expandir a capacidade de um serviço em nuvem, por agregação, integração ou personalização com outro serviço na nuvem.
4. As três principais ameaças na nuvem são interfaces e API inseguras, vazamento e perda de dados e falha de *hardware*, que representam, respectivamente, 29%, 25% e 10% de todos os incidentes de segurança da nuvem. Juntos, eles se revelam os grandes desafios de segurança da computação em nuvem para a indústria de TI.

3

Big Data

“O que sabemos é uma gota, o que ignoramos é um oceano”. Essa frase, atribuída a Isaac Newton, pode ser perfeitamente adaptada ao mundo digital. Por exemplo, quando se trata da reputação de uma empresa (que nem precisa ser de tão grande porte ou com negócios globais), é virtualmente impossível conseguir acompanhar tudo o que se fala a respeito dela nas redes sociais. Como está a aceitação de um determinado produto, ou daquele novo lançamento?

Por mais que se possa programar *bots* para varrer a internet em busca de palavras-chave com termos de interesse da empresa, para filtrar opiniões das pessoas com base em elogios, sugestões ou reclamações, a profusão de criação de conteúdo pode superar a capacidade do sistema informatizado de continuar conseguindo reportar resultados em tempo real – o que pode ser catastrófico para uma marca em momentos delicados como, por exemplo, em campanhas de gestão de crise. Além disso, muito do que circula a respeito de uma empresa na internet não está em formato texto, como postagens e comentários de fotos, tão fáceis de filtrar (dados estruturados), mas cada vez mais em multimídia (fotos, vídeos e áudio – dados não estruturados), dificultando ainda mais o acompanhamento desse conteúdo, bem como a seleção de informação verídica e/ou relevante.

A quantidade e a qualidade de informações nos mais diversos canais digitais mudou drasticamente, tornando-se imprescindível que a tecnologia da informação desenvolvesse meios mais adequados para essa nova realidade – e é de fato o que aconteceu, com o paradigma conhecido pelo mais que adequado termo *Big Data*.

3.1 Um *tsunami* de informações digitais

Na tecnologia da informação, *Big Data* é o nome que se dá a um volume muito grande de dados e em crescimento exponencial, como recordam Wu et al. (2014). Tudo o que diz respeito a números quando se trata de *Big Data* é, no mínimo, assombroso e os exemplos são infundáveis. No início de 2017, mais de 400 horas de conteúdo de vídeo eram adicionadas ao YouTube a cada minuto. Qualquer companhia aérea de grande porte já gerava, desde 2013, mais de 1Tb de dados por dia. Como apontam McAfee e Brynjolfsson (2012), é quase inimaginável o que representam, na prática, 5 bilhões de *gigabytes* de informação – e é humanamente impossível de racionalizar o que significa o fato de, em 2010, essa quantidade de dados ser gerada a cada 2 dias e, em 2013, a cada 10 minutos.

Se os números alcançam essa magnitude, o contínuo crescimento em projeção geométrica resulta em valores cada vez mais fora da compreensão da mente humana. Como um marco histórico, em 2016, o tráfego de internet em escala global superou 1 *zettabyte*, que é o nome dado ao conjunto de um sextilhão (10^{21}) de *bytes*. Isso supera 1 trilhão de *gigabytes* (mais precisamente, 1.099.511.627.776 GB).

Em 2016, segundo a IBM (2017), a estimativa era de que 2,5 bilhões de *gigabytes* (ou 2,5 *exabytes*) eram produzidos por dia no mundo. Essa quantidade diária, para que seja possível alguma comparação, equivale a cerca de 530 trilhões de músicas, 150 milhões de iPhones, 5 milhões de *laptops*, 250 mil bibliotecas do Congresso dos EUA ou 90 anos de gravação de vídeo em qualidade HD. Números impressionantes, e em trajetória de crescimento acelerado: mais de 90% de toda a informação digital do mundo foi produzida nos últimos dois anos.

Para Mayer-Schonberger e Cukier (2014), ao menos um número, em *Big Data*, é diminuto: 0,5% – a mais otimista estimativa de quanto do volume total de informação disponível *on-line* é devidamente analisada ou utilizada para fins industriais. Isso revela, portanto, o potencial relacionado ao *Big Data*: uma forma de tentar melhor aproveitar, ou de alguma forma tornar úteis, os demais 99,5%.

Um dos grandes responsáveis pela explosão na produção de dados digitais é o *smartphone*. Hoje em dia, para ilustrar o nível de difusão que já se atingiu, é comum que, por exemplo, pessoas que sejam acolhidas em campo de refugiados peçam, como uma das primeiras providências, acesso a *wi-fi* e eletricidade para recarregar seus celulares. O *smartphone* parece tornar-se, então, um recurso básico para a sobrevivência e isso é uma das mais fortes evidências que forçam reconhecer o fato de se viver completamente imersos em um mundo digital.

O mundo está prestes a atingir o ponto em que mais da metade dos habitantes do planeta estará conectada à internet, sendo que a maioria obterá acesso dos seus telefones celulares. Aliás, reconheça-se que se vende cada vez menos *desktops* e *laptops* e cada vez mais *smartphones*. A computação é móvel e ubíqua (presente em todos os ambientes humanos, mesmo que de forma invisível).

Isso ajuda a explicar as razões pelas quais a indústria está correndo freneticamente para uma nova fase da profunda digitalização do mundo, um estágio que deve ser alcançado

logo nos primeiros anos da década de 2020. É a época em que se projeta o uso massivo de tecnologia 5G, com capacidade de transmitir volumes verdadeiramente pesados de dados, algo em torno de 100 vezes mais que a tecnologia 4G.

Além disso, o fenômeno exponencial ganha terreno também em *hardware*, resultando em uma proliferação de objetos conectados (a chamada IoT, *Internet of Things*, Internet das Coisas¹), como destacam McAfee e Brynjolfsson (2012). Vive-se, portanto, a iminência de se entrar em uma nova fase da Indústria 4.0, intensificando ainda mais o impacto da tecnologia da informação em todos os aspectos da atividade humana. Segundo algumas previsões de especialistas, como Singh (2012) e Schwab (2016), estima-se alcançar, por volta do ano 2025, mais de 100 bilhões de objetos conectados em todo o mundo, representando quase a totalidade do tráfego da internet fora dos computadores de mesa convencionais. Como consequência, e de especial interesse aos profissionais e empreendedores de TI, o correspondente volume de novos negócios projetado, ainda para 2021, está na faixa de US\$ 100 bilhões e US\$ 130 bilhões (números que apresentam essa variação conforme a fonte consultada de pesquisa).

O *tsunami* de informações digitais representa um dilúvio de oportunidades de atuação em várias áreas, muitas delas inovações de alto impacto, como reconhecem Reis (2008) e Ramos et al. (2012). É o caso, por exemplo, da Saúde Digital (*Digital Healthcare*). As ferramentas digitais oferecem excelente conveniência no que diz respeito a fornecer cuidados de saúde com qualidade a um custo razoável. Além dos incontestes benefícios de robôs cirúrgicos auxiliados por computador, telemedicina e ferramentas para melhorar o diagnóstico, as comunicações digitais serão mais utilizadas nos hospitais para melhorar a eficácia e a eficiência. Em especial, como prevê Singh (2012), *smartwatches* e demais *gadgets* vestíveis (*wearables*) garantirão monitoramento 24 horas das condições de saúde das pessoas, sem interferir na rotina de seus afazeres diários, dispondo ainda de comunicação instantânea das informações dos pacientes aos centros de saúde.

Em outro campo, na indústria automobilística, a revolução que se aguarda também é do mais alto impacto. Para Schwab (2016), o carro conectado, ou carro digital, é disruptivo pelo fato de eliminar um componente até então considerado insubstituível: o motorista. Carros autodirigíveis possibilitam várias realizações. Primeiro, reduzir drasticamente o número de vítimas do trânsito – a cada ano, mais de um milhão de pessoas morrem na estrada. Em segundo lugar, aumentar o tráfego que as estradas existentes podem comportar; estima-se aumento de pelo menos 20% a 30% no fluxo de veículos, sem que isso represente congestionamentos (trânsito parado) – afinal, semáforos devem se tornar peças obsoletas. Em terceiro lugar, o carro se torna um espaço preparado para trabalho e lazer. Finalmente, carros assim aumentariam muito a autonomia das pessoas com deficiência.

Os futuros carros e serviços de saúde são apenas alguns exemplos pontuais da nova realidade em que transitarão o volume gigantesco de informações em meio digital. É por isso que, conforme alertam Wu et al. (2014), preparar a tecnologia da informação com meios para processar esse novo mundo é tão importante, papel que é desempenhado pela tecnologia *Big Data*. Tal tecnologia é, mais precisamente, um conjunto de recursos para melhorar

1 Mais informações no Capítulo 4 (“Internet das Coisas”).

substancialmente a capacidade de captura, armazenamento e análise de dados, bem como pesquisa, compartilhamento, transferência, visualização, consulta, atualização e privacidade da informação dentro de um tempo tolerável de processamento.

Na prática, como lembra Singh (2014), isso incorre no desenvolvimento de análises preditivas, análise de comportamento do usuário ou outros métodos avançados de gerenciamento da informação, mais focada em identificar e extraer valor da grande massa de dados. A análise cruzada de distintas fontes de dados pode encontrar novas correlações para detectar tendências em negócios, prevenir doenças, combater o crime e assim por diante. Já há algum tempo, com a tecnologia da informação convencional, cientistas, executivos de empresas, profissionais de medicina, de publicidade, gestores públicos, entre tantas outras categorias, vêm encontrando dificuldades crescentes diante do grande volume de dados que se produz em campos como pesquisa na internet, FinTechs e informática empresarial.

Para Boyd e Crawford (2012), McAfee e Brynjolfsson (2012) e Mayer-Schonberger e Cukier (2014), o *Big Data* pode ser descrito pelas seguintes características, conhecida como os 5V:

- Volume: diz respeito à quantidade de dados gerados e armazenados. O tamanho dos dados determina o valor e o potencial qualitativo de resultados (e se ele realmente pode ser considerado *Big Data* ou não).
- Variedade: refere-se ao tipo e à natureza dos dados. Isso ajuda os analistas de informação a melhor escrutinar os dados.
- Velocidade: nesse contexto, significa a velocidade com que os dados são gerados e processados para atender às demandas e desafios que estão no caminho do crescimento e desenvolvimento. Processamento em tempo hábil é vital para *Big Data*, possibilitando, por exemplo, aplicações em tempo real.
- Variabilidade: um alto nível de inconsistência do conjunto de dados (por exemplo, excessiva ambiguidade de informação) pode dificultar processos para gerenciamento e extração de valor dos dados.
- Veracidade: a qualidade dos dados capturados pode variar muito, afetando, assim, a acuracidade da análise.

Em ambiente fabril e sistemas ciberfísicos, como entendem Boyd e Crawford (2012) e Mayer-Schonberger e Cukier (2014), usualmente se associa o assim chamado sistema 6C:

- Conexão: sensor e redes.
- Cloud: computação e dados sob demanda.
- Cyber: modelo e memória.
- Conteúdo/contexto: significado e correlação.
- Comunidade: compartilhamento e colaboração.
- Customização: personalização e valor.

Os dados devem ser processados com ferramentas avançadas (analíticas e algoritmos) para poder revelar informações relevantes. Por exemplo, para emprego do *Big Data* como suporte ao gerenciamento uma fábrica, é preciso considerar os problemas visíveis e invisíveis

com vários componentes. Os algoritmos de geração de informações devem detectar e endereçar ações para problemas invisíveis, tais como a degradação da máquina e o desgaste dos componentes no chão de fábrica.

Ocorre que, assim como muito das informações internas nas organizações, as informações externas, que proliferam na internet, tendem a ser cada vez mais não estruturadas, como destacam Boyd e Crawford (2012). É nesse quesito que a tecnologia *Big Data* é especialmente útil, podendo melhor aproveitar conteúdos na forma de áudio, imagens e vídeos, interpretando a informação útil. Mesmo textos podem ser considerados informação não estruturada: o que circula de informação na forma de postagens em redes sociais, por exemplo, não obedece métricas que permitam um simples levantamento quantitativo de palavras-chave para se extrair alguma informação válida. Tais textos são redigidos de maneira livre, com praticamente um estilo de redação para cada usuário participante da rede. É difícil para um *software* convencional, por exemplo, filtrar adequadamente termos como “parabéns aos envolvidos!” ou “bacana, hein?” nas milhares de opiniões que as pessoas estão postando sobre um produto e serviço e conseguir interpretar quando o uso da expressão é feito com ironia ou sarcasmo, denotando uma crítica, ou com significado literal, representando um elogio. Com o *Big Data*, o que se consegue é que tal leitura seja contraposta e cruzada com diversas outras informações e outras fontes, de forma que se chegue a uma maior probabilidade de acerto em classificar uma informação como elogio, crítica ou mesmo sugestão.

O aprimoramento da Inteligência Artificial é chave para o sucesso das tecnologias de próxima geração no campo de *Big Data*. Afinal, por mais que se tenha poder computacional à altura para enfrentar o turbilhão de dados digitais que aumentam e acumulam mais a cada dia, é o tipo de inteligência alcançada que dará mais acuracidade à análise das informações. Como explica Buonomano (2011), a atual arquitetura computacional (processador, memória, barramentos, com tecnologia de microchips de silício) impõe alguns importantes limites ao que se consideraria uma inteligência mais próxima à mente humana.

Como prevê Schwab (2016), com a iminente mudança de paradigma de TI para a computação quântica, o nível de alcance da inteligência artificial tende a ser muito mais avançado, próximo realmente à estrutura mental de um ser humano, e então, nesse momento, desafios como diálogo com ironia ou deboche, ou vídeos em que uma mensagem é narrada enquanto expressões faciais ou corporais do interlocutor passam informação contraditória não serão mais problemas para o processamento computacional.

3.2 *Smart cities* e a nova gestão pública

Alcançar alto nível de eficiência e eficácia em gestão pública sempre foi um dos maiores desafios da sociedade, e muito disso se explica pelas características das informações associadas a esse tipo de ambiente organizacional: inúmeras fontes geradoras de demanda, diversos graus de incerteza, ambiguidade e complexidade envolvidos, o que, não raro, conduz a políticas públicas ineficazes, com metas conflitantes e, enfim, descontentamento da população atendida.

É diante desse quadro que as aplicações de *Big Data* têm potencial de transformar radicalmente a efetividade das ações de administração pública, fazendo com que a tecnologia da informação viabilize a estruturação de cidades inteligentes (*smart cities*). Uma cidade inteligente é resultado da visão de desenvolvimento urbano que integre Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC), *Big Data* e Internet de Coisas (IoT) de forma segura e eficaz para gerenciar os ativos de uma cidade. Esses ativos incluem sistemas de informação de departamentos locais, escolas, bibliotecas, sistemas de transporte, hospitais, usinas, redes de abastecimento de água, gerenciamento de resíduos, aplicação da lei e outros serviços comunitários.

Portanto, uma cidade inteligente emprega informática e tecnologia para melhorar a eficiência dos serviços a seus cidadãos. A tecnologia da informação permite aos governantes interagir diretamente com a comunidade e com a infraestrutura da cidade, para monitorar os acontecimentos em tempo real (e, muitas vezes, antecipando-se aos acontecimentos, o que é o mais desejável). A eficiência no monitoramento de como a cidade está evoluindo permite, evidentemente, promover melhor qualidade de vida. Pelo uso de sensores integrados com sistemas de monitoramento em tempo real, os dados de cidadãos e de dispositivos urbanos são coletados, processados e analisados. As informações e os conhecimentos adquiridos são fundamentais para enfrentar a ineficiência do modelo convencional de administração pública.

Para Yovanof e Hazapis (2009), é possível apreciar o conceito de *smart city* por três perspectivas complementares entre si: quadro tecnológico, quadro humano e quadro institucional.

No quadro tecnológico, reconhece-se que o uso intensivo de tecnologia possibilita os seguintes arranjos:

- Cidade digital: é a que combina infraestrutura orientada a serviços, serviços de inovação e infraestrutura de comunicação. Segundo Yovanof e Hazapis (2009), uma cidade digital é definida por uma comunidade totalmente conectada por intermédio de uma ampla infraestrutura de internet de banda larga, uma infraestrutura computacional flexível e orientada para o serviço e baseada em padrões abertos da indústria, além de serviços inovadores criados para atender as necessidades dos governos e seus funcionários, cidadãos e empresas instaladas na cidade. O efeito é um ambiente no qual os cidadãos conseguem estar permanentemente interconectados, compartilhando informações facilmente em qualquer lugar da cidade.
- Cidade virtual: nesse tipo de cidade, serviços e comunicações são implementadas em um ciberespaço. Isso institui a noção de cidade híbrida, que consiste em conjugar ambientes reais e virtuais para uso das organizações e das pessoas.
- Cidade da informação: o foco é na coleta de informações locais e disposição em portais públicos, visando à transparência e ao maior alcance possível da comunicação daquela informação. A infraestrutura de TI garante a ligação entre os serviços civis, as interações das pessoas e as instituições governamentais.
- Cidade inteligente: reconhece que a tecnologia, por mais inovadora que seja, é um meio de aplicação da criatividade e do conhecimento, características essencialmente humanas. Ou seja, a tecnologia, por si só, não constrói cidades inteligentes,

mas favorece a criação de um ambiente propício às pessoas para se manifestarem, criarem e implantarem as soluções necessárias, por meio da disponibilidade de tecnologia de ponta em TI, eletrônica, mecânica etc.

- Cidade ubíqua (*U-city*): cria um ambiente que conecta os cidadãos a qualquer serviço, por qualquer dispositivo. A *U-city* é uma extensão adicional do conceito de cidade digital, devido à facilidade em termos de acessar todas as infraestruturas. Como apontam Mayer-Schonberger e Cukier (2014), isso favorece a utilização, por parte do cidadão, de qualquer dispositivo disponível para interagir com a cidade (computador, celular, relógio, carro, assistentes pessoais domésticos etc.). Cabe destacar que a cidade ubíqua é diferente da cidade virtual: enquanto esta última cria um outro espaço, replicando os elementos urbanos reais dentro do espaço virtual, a *U-city* se manifesta por *microchips* de computador inseridos nos elementos urbanos.

No aspecto humano, a infraestrutura de pessoas é determinante para o desenvolvimento urbano. Isso se dá por ocupações criativas, equipes de trabalho com capacidade de inovação, redes de conhecimento e organizações voluntárias, entre outros. Nesses termos, os arranjos são:

- Cidade criativa: a criatividade é reconhecida como o motor principal para a cidade inteligente e representa também uma virtude dela. As infraestruturas sociais, como, por exemplo, o capital intelectual e social são fatores indispensáveis para construir uma cidade. Essas infraestruturas dizem respeito às pessoas e à relação que elas mantêm entre si. A *smart city* se beneficia do capital social quando há mesclagem de educação e treinamento, cultura e artes, negócios e comércio.
- Cidade de aprendizado: de acordo com Moser (2001), a cidade de aprendizado está comprometida com o desenvolvimento de mão de obra qualificada. Esse tipo de cidade melhora a competitividade na economia global do conhecimento.
- Cidade humana: explora o potencial humano, em particular a força dos trabalhadores do conhecimento. Parte da premissa de que é possível focar na educação e transformar a cidade em um grande centro de ensino superior, desenvolvendo talentos e preparando melhores profissionais e cidadãos. Desse modo, cidades com essas características atraem mais indústrias que valorizam esse tipo de ambiente, resultando em uma sociedade altamente tecnológica e com grande qualidade de vida. O êxodo urbano se torna intenso, com um grande esvaziamento das cidades convencionais, menos inteligentes, em detrimento de um fluxo convergente para cidades mais inteligentes.
- Cidade do conhecimento: está relacionada ao processo de economia e inovação do conhecimento. Esse tipo de cidade inteligente é muito semelhante a uma cidade de aprendizado; a diferença mais significativa refere-se ao propósito industrial, dada a economia do conhecimento e a necessidade de se fomentar organizações (públicas e privadas) permanentemente inovadoras.

No quadro institucional, há que se considerar que, de acordo com Moser (2001), o movimento das comunidades inteligentes tomou forma como uma estratégia para disseminar mais

fortemente a TI entre as pessoas. Uma comunidade inteligente é aquela que tomou a decisão consciente de implantar a tecnologia como um catalisador para resolver suas necessidades sociais e comerciais. É importante observar que esse direcionamento de uso da TI e a consequente melhoria social seriam mais desafiadores sem a ajuda institucional: de fato, o envolvimento institucional é essencial para o sucesso das iniciativas da comunidade inteligente.

Construir e planejar uma comunidade inteligente é um meio de buscar um crescimento inteligente. Crescer de forma inteligente é essencial para combater mazelas sociais e problemas que já tendiam a ser vistos não como defeitos, mas sim como características típicas de grandes centros urbanos, como congestionamento do tráfego, superlotação de presídios e poluição ambiental. Por isso, frisa-se que a propagação tecnológica não é um fim em si, mas apenas um meio para reinventar as cidades para uma nova economia e sociedade. Em suma, é possível afirmar que todas as iniciativas de cidades inteligentes demandam governança para o seu sucesso.

Conhecer alguns exemplos práticos de projetos de *smart cities* ajuda a entender como é possível o desenvolvimento econômico simultâneo à qualidade de vida dos cidadãos, com eficiência nas operações urbanas.

Uma dessas cidades, localizada na Coreia do Sul, é Songdo, referência mundial em planejamento urbano. Além de ser considerada a primeira cidade realmente inteligente do mundo, ela é uma aerotrópole, ou seja, uma cidade planejada que cresce em torno de um aeroporto. De fato, a estratégia de sua criação era a proposição de um novo destino internacional para negócios. A cidade foi elaborada do zero, com um projeto inicial de 2003, reforçado por um programa de estímulos a investimentos lançado pelo governo local em 2009, que acelerou sua construção.

O *slogan* de Songdo é “a três horas e meia de um terço da população mundial”. Mesmo na fase de construção (cronograma que ia até 2018, com dispêndio de US\$ 40 bilhões), desde 2011 a cidade já era habitada. Em 2013, a população era de 67 mil habitantes, projetando-se alcançar 250 mil moradores até 2020.

O destaque do planejamento foi levar em consideração várias opções de mobilidade e disseminação de sustentabilidade ambiental. A cidade conta com 25 km de ciclovias. Existem sensores subterrâneos para detectar condições de tráfego, reprogramando, assim, os semáforos em tempo real. Um lago e um canal abastecidos com água do mar são usados para manter a umidade, preservando a água potável, também sendo utilizados como via de transporte para táxis aquáticos. Um sistema pneumático de gestão de resíduos cobre toda a cidade, virtualmente eliminando a necessidade de coleta de lixo, melhorando, ainda, o fluxo de trânsito.

Mas cidades já existentes também podem se tornar cidades inteligentes. É o caso de Copenhague, capital dinamarquesa, que se destaca pela expressiva redução do uso de combustíveis fósseis. Desde quando a diretriz de carbono zero passou a fazer parte da política de governo local, em 2005, a cidade conseguiu, em pouco mais de 10 anos, reduzir 21% das emissões. Já tendo alcançado 2 milhões de toneladas *per capita* de carbono por ano, o objetivo é diminuir ainda mais a emissão até 2025, chegando a 1 milhão de toneladas *per capita*.

anuais. Para atingir a meta, todos os novos edifícios devem ser construídos segundo regras rígidas de sustentabilidade.

Em Copenhague, metade da população de pouco mais de meio milhão de habitantes prioriza o uso de bicicletas para se locomover de casa ao trabalho. A cidade dispõe, ainda, de um amplo sistema de aluguel de bicicletas equipadas com GPS. Essas bicicletas também começaram a receber sensores que detectam a qualidade do ar e monitores para informações em tempo real sobre congestionamentos.

Nos EUA, a cidade californiana Santa Ana é destaque no quesito reaproveitamento de água. A maior parte da água utilizada nas casas da cidade é tratada, para que se torne novamente potável. Isso inclui tecnologia especial que alcança até mesmo a água dos sanitários para reutilização. É um sistema conhecido como *micropurificação*, envolvendo elementos químicos e equipamentos que emitem luz ultravioleta, em processo de altíssimo desempenho que faz com que partículas de impurezas, protozoários e bactérias sejam isolados em uma membrana especial, até o ponto de obtenção de água totalmente pura.

O *Big Data* é aplicável, naturalmente, em cenários mais desafiadores de problemas urbanos. Há alguns anos, explosões recorrentes de bueiros em Copacabana, na zona sul do Rio de Janeiro, ganharam manchetes nacionais. Ocorre que situação similar já tinha acontecido em Nova Iorque, nos EUA, como relatam Mayer-Schonberger e Cukier (2014), em um cenário muito mais complexo, e o problema foi resolvido com tratamento de *Big Data*. A complexidade era devido aos números envolvidos: 51 mil bueiros e caixas de serviço dispostas pela cidade, tampas de bueiro de 150 kg voando pelos ares em explosões aleatórias, mais de 150 mil quilômetros de cabos subterrâneos (suficientes para dar três volta e meia na Terra), sendo que 5% dos cabos são instalações muito antigas, anteriores a 1930 – e os registros das instalações, ao longo dos tempos, com as diversas mudanças de tecnologia, eram as mais variadas em termos de formato e credibilidade de informação. Foi um trabalho que exigiu intenso emprego de técnicas estatísticas, mineração e estratificação de dados e pesquisa de campo, mas que conseguiu identificar 106 indícios indiretos de grandes desastres envolvendo explosão de bueiro. Assim, construiu-se um modelo preditivo de grande precisão, que possibilitou aos gestores públicos daquela cidade atuarem com a manutenção de bueiros críticos antes que eles explodissem.

3.3 O mito da privacidade digital

Não existe privacidade digital. Evidências mais que suficientes demonstram que uma afirmação como essa não é exagerada. No atual mundo digital trazido pela Quarta Revolução Industrial, o que se discute não é mais se é concebível ou não terceiros terem acesso a dados das pessoas – eles têm. O que é interessante debater é sobre o que se faz, na prática, com esses dados alheios. Se uma empresa obtém vantagens financeiras ou comerciais por meio do uso de informações privilegiadas a respeito de determinada pessoa, parece razoável que essa pessoa possa ser bem recompensada por isso – muito mais do que apenas com o uso

grátis de um determinado produto ou serviço. Essencialmente, nada é de graça – embora o preço que se pague, em algumas situações, não seja de natureza monetária.

Como lembram Mayer-Schonberger e Cukier (2014), a privacidade digital parece ser uma questão ainda pouco sensível para a maioria das pessoas. Afinal, a maioria dos usuários tem o costume de clicar cegamente no “Eu aceito” nos termos e condições de um programa ou de um *website*, pouco se preocupando com as cláusulas que dizem respeito ao que será feito com as informações coletadas pelo sistema, especialmente no que se refere à partilha de dados com terceiros. É até compreensível esse comportamento, afinal de contas, o uso dos produtos digitais está condicionado necessariamente ao aceite: rejeitar o que é imposto como condição de utilização leva a não se conseguir sequer acessar o sistema operacional no computador ou no *smartphone*. Assim, grosso modo, significa aceitar estar sujeito a perder a privacidade no meio digital ou ficar completamente excluído da tecnologia da informação.

Uma das aquisições corporativas mais significativas dos últimos anos foi o Facebook comprar o WhatsApp, em 2014, por US\$ 19 bilhões. Por qual motivo um gigante de TI como o Facebook (valor de mercado de meio trilhão de dólares em 2017) resolve adquirir uma empresa que não tem, na prática, receita (a despeito dos US\$ 1,99/ano de assinatura cobrado de usuários de alguns poucos países)? Para o Facebook, pouco importa a receita direta do negócio WhatsApp: o que realmente tem valor (à altura do valor pago na operação de compra da empresa) é o potencial de informação que ele traz (dados dos usuários, perfis demográficos, preferências temáticas etc.), por meio de uma base de dados de escala mundial (dada a difusão que o WhatsApp alcançou na sociedade). Para o Facebook, que é uma empresa que fatura com publicidade digital altamente segmentada, isso faz todo o sentido.

Uma nova máxima surge na tecnologia da informação do século XXI: quando o usuário não paga por um produto, ele (usuário) é o produto. Especialmente para os negócios digitais, como apontam Mayer-Schonberger e Cukier (2014), informações que cruzem o perfil demográfico das pessoas com suas predileções de consumo, de hábitos e estilos de vida, de preferências políticas e religiosas, entre outros, são bastante valiosas. E por mais que as empresas procurem tentar tranquilizar o público digital alegando que as informações são anonimizadas (estratificação das informações sem os dados pessoais dos usuários), principalmente com o advento do *Big Data* a sobreposição e o confronto de informações pode levar à identificação de determinada pessoa.

Em 2013, Edward Snowden tornou-se mundialmente famoso, ao revelar ao mundo o tamanho da exposição que alcançam os dados digitais de qualquer cidadão, do mais humilde desconhecido até presidentes das principais nações. O norte-americano, um analista de sistemas com passagens pelas agências CIA e NSA, dos EUA, revelou de que modo esses dados são alvo dos mecanismos eletrônicos de vários programas de segurança e sistemas de vigilância global dos EUA. A ficção a respeito de um *Big Brother* governamental se mostrou uma inegável realidade escancarada. O que se discute, então, é se tudo se justifica em termos de garantir a segurança nacional e a soberania das nações. Os fatos que vieram à tona pela repercussão das denúncias de Snowden na imprensa internacional levaram a grandes

constrangimentos diplomáticos globais, como, por exemplo, a divulgação de que as presidências do Brasil e da França eram alguns dos alvos do monitoramento de *e-mails* e grampeamento de telefones por parte de agências de segurança do governo norte-americano.

Pessoas e empresas estão expostas, mas, por outro lado, os próprios governos também – incluindo-se, vale destacar, o próprio governo dos EUA, como ficou evidente com as ações de vazamento de informações militares e estratégicas ultrassegretas, concentradas no *site* WikiLeaks, do jornalista e ciberativista australiano Julian Assange.

Um celular no bolso com o GPS ligado. Uma operadora de cartão de crédito que mapa todo os movimentos geográficos e de compras dos usuários. Redes sociais que reproduzem postagens com efeito viral. Como ilustram McAfee e Brynjolfsson (2012), diversos são os exemplos de que existe um sem-número de possibilidades de não se ter controle efetivo do que se propaga em meios eletrônicos sobre qualquer pessoa, empresa ou governo. Uma eventual tentativa deliberada de censura ou bloqueio de informações acaba tendo efeito prático contrário: o proibido costuma levar a maior interesse de buscar e divulgar uma informação.

Em 2016, uma imagem que varreu as redes sociais se tornou emblemática. Era uma foto em que Mark Zuckerberg comemorava o crescimento do Instagram, segurando nas mãos um quadro que simulava o enquadramento digital das fotos, com ele ao centro. O problema é que, em segundo plano nessa foto, aparecia a estação de trabalho de Zuckerberg, com seu *notebook* aberto, e a instigante constatação que o dono do Facebook bloqueia a *webcam* e o microfone de seu computador com fita adesiva.

O fato é que até mesmo Zuckerberg foi vítima de invasão de contas. Em 2012, uma grave falha de segurança do LinkedIn fez com que 117 milhões de combinações de nomes de usuário e senhas fossem roubadas, sendo comercializadas depois nos mercados anônimos da *Deep Web*. Entre essas contas *hackeadas*, estaria a de Zuckerberg, que surpreendentemente usava uma senha fraca (“dadada”). Como o executivo usava a mesma senha em outras redes sociais, suas contas no Instagram, Twitter, LinkedIn e Pinterest foram comprometidas.

As pegadas digitais são um grande desafio no que diz respeito à privacidade digital. O fato é que qualquer pessoa pode procurar, a título de simples teste, digitar seu nome completo no buscador do Google e, muitas vezes, se surpreender com o resultado: páginas dos primórdios da internet, com algum conteúdo relacionado ao usuário, estão lá, *acessáveis*, mesmo que em esquema de conteúdo *cache* (memorizado pelo Google após a página original ter ficado inacessível). É difícil encontrar alguma pessoa que não admita algum grau de arrependimento de coisas que fez no passado, mas com alguma esperança que tais fatos tenham ficado efetivamente no passado. O fato é que o passado, seja ele digno de orgulho ou de vergonha, vem à tona facilmente quando se busca o rastro digital das pessoas na internet, como demonstram Boyd e Crawford (2012). Com artistas e pessoas famosas, esse problema é especialmente relevante.

Em tese, qualquer pessoa consegue tomar as devidas providências para sumir da internet (um “internetcídio”), a começar com a exclusão de suas contas em redes sociais. Contudo, como isso envolve uma série de ações, como contato direto e negociação com cada provedor

de conteúdo em alguns casos, processos judiciais noutros, na prática, trata-se de uma tarefa bastante complexa e demorada. No caso de celebridades, admite-se até mesmo a impossibilidade prática, visto que usuários podem salvar em arquivo pessoal o material polêmico ou proibido alvo de busca e exclusão, para depois voltar a reproduzir aquele conteúdo *on-line*.

Considerando ainda a camada oculta do mundo digital, a *Deep Web* (o conteúdo *web* que não é indexado pelos mecanismos de busca padrão da *Surface Web*), o controle efetivo do que está disponibilizado *on-line* torna-se ainda mais impossibilitado. Simplesmente não se tem meios de identificação dos provedores de fato de um determinado conteúdo disponibilizado. Cerca de 70% a 75% do conteúdo *on-line* não está na internet convencional. Por isso, como lembram McAfee e Brynjolfsson (2012), a costumeira analogia entre *Surface Web* e *Deep Web* com um *iceberg* (uma ponta visível fora d'água, e a grande massa invisível submersa) é totalmente adequada.

Nos atuais processos de recrutamento e seleção das organizações empresariais, a função de *due diligence* é cada vez mais empregada como uma das fontes principais de informações a respeito dos candidatos a um posto de trabalho. É a forma de se buscar informações a respeito da vida pregressa das pessoas, com uma leitura muito mais confiável do real estilo e comportamento do indivíduo do que é revelado, por exemplo, em uma entrevista formal de emprego. Os candidatos costumam se preparar e transmitir respostas que o empregador quer ouvir no processo de entrevista; por isso, esse mecanismo de obtenção de informações pode ter sua eficácia comprometida pela artificialidade envolvida. Por outro lado, quando se escrutinam os fatos a respeito de uma pessoa na internet, as informações reais de perfil comportamental eclodem mais naturalmente: afinal, não se trata apenas daquilo que uma pessoa posta a respeito de si mesma em redes sociais (o que também teria o seu viés), mas também do que outros indivíduos e organizações postam e comentam daquela pessoa – e aí, dependendo do caso, estão incluídos ex-empregadores, imprensa e até poder judiciário. Por isso, de forma cada vez mais frequente, quando se precisa conhecer mais verdadeiramente a respeito de alguém, muito se esclarece com uma busca no Google. Como demonstram Mayer-Schonberger e Cukier (2014), cruzar as várias páginas de resposta traz importantes informações para subsidiar a tomada de decisão, nesse caso, a adequação ou não a uma vaga de trabalho.

É justo concordar com Boyd e Crawford (2012) que se recomende, como boa prática de convivência social, que as pessoas cuidem do que é postado em redes sociais, pois virtudes não ganham tanto holofote quanto vícios e defeitos. Além disso, principalmente em países com alta taxa de criminalidade como o Brasil, esse cuidado é uma estratégia básica de segurança pessoal: se as informações pessoais estão expostas publicamente, da mesma forma que potenciais empregadores podem acessá-las, criminosos também podem fazê-lo. Expor dados pessoais, como endereço, CPF, nome dos filhos, rotinas diárias, entre outros, é bastante perigoso e, por isso, deve ser evitado. Reconheça-se que redes sociais são tentadoras no que diz respeito à necessidade de ostentação do ser humano, por exemplo, de viagens realizadas e novos lugares conhecidos. Há quem recomende, então, que postagens desse tipo sejam sempre para relatar o passado, e não a iminência de uma viagem futura: em tese,

não há condição mais segura do que uma pessoa estar em casa – tanto para a pessoa, quanto para a sua residência.

A Internet das Coisas (IoT) também desperta importantes reflexões a respeito dos novos limites de privacidade digital. Existem relatos de *smart TVs* que conseguiram ser hackeadas, de forma tal a aproveitar a *webcam* e o microfone incorporados para espionar um ambiente doméstico, transmitindo as imagens e os sons pela internet. Em semelhante procedimento de invasão não autorizada, carros conectados já puderam ser desligados remotamente (e via uma simples conexão 4G no *smartphone* do invasor, uma vez que este descubra o endereço IP do seu alvo), a facilidade é a mesma para rastrear o trajeto e até mesmo obter imagens e áudio do interior do veículo. Há ainda uma característica dos objetos conectados (as “coisas”): as senhas padrão de fábrica (como “0000”) são menos alteradas que as senhas das habituais contas de *e-mail* e serviços eletrônicos. E isso até mesmo para os onipresentes roteadores domésticos de internet: muitos continuam com o tradicional *login/senha* “admin/admin”.

A privacidade *on-line* não existe: ela serviu de moeda de troca para permitir às pessoas o ingresso no mundo digital. Nesses termos, o que resta é adotar o máximo de segurança possível, precavendo para que as informações de cada usuário – que são vastíssimas em ambiente eletrônico – não sejam empregadas de maneira abusiva ou criminosa.

Conclusão

O mundo digital envolve uma quantidade gigantesca de informações, que são avolumadas a cada ano. Por algum tempo, parece ter havido mais capacidade de gerar informação, por inúmeros dispositivos e aplicações, do que interpretar e direcionar essa informação para agregar valor à indústria.

Este cenário muda com a tecnologia *Big Data*, que justamente se propõe a extrair do oceano de informações desestruturadas algo que possa ser aproveitado para melhor tomada de decisões, como projetos de inovação, políticas públicas mais eficientes e um mundo com melhor qualidade de vida.

Essencialmente, a internet é um sucesso porque as pessoas gostam de compartilhar e socializar, não apenas no ciberespaço, mas no mundo real. O sempre presente debate sobre a privacidade é, em última instância, a respeito disso: uma melhor interface entre o que mantém as pessoas sãs e saudáveis no mundo real e as ferramentas digitais para ajudar a viver de forma mais íntegra.

Ampliando seus conhecimentos

Chiavenatto Filho (2015) realizou pesquisa sobre o uso de *Big Data* em saúde no Brasil, apontando perspectivas para um futuro próximo. Uma dessas perspectivas é a medicina de precisão.

Uso de Big Data em saúde no Brasil: perspectivas para um futuro próximo

(CHIAVENATO FILHO, 2015, p. 326-327)

A maioria dos conhecimentos científicos ainda é baseada em grandes médias. Por exemplo, uma metanálise recente verificou que o uso de novos anticoagulantes orais diminui o risco de acidentes vasculares cerebrais (AVC) e eventos embólicos sistêmicos em 19%.

O problema aqui é que ninguém teve o risco diminuído em 19%. Algumas pessoas tiveram o risco diminuído em 100% (não tiveram um desses eventos) e as outras em 0% (tiveram um desses eventos).

Ou seja, sabemos apenas que o uso dos anticoagulantes orais diminui a presença dos eventos para a população como um todo – o resultado foi estatisticamente significativo com $p<0,0001$ –, mas não sabemos exatamente para quem. No referido estudo, os anticoagulantes orais não tiverem o efeito desejado para muitos pacientes: dos 29.312 indivíduos que receberam o medicamento, 911 tiverem um AVC ou evento embólico sistêmico.

Quem são as pessoas para as quais o medicamento não funciona? Talvez não funcione para mulheres com mais de 60 anos, com histórico de tabagismo, que tiveram pelo menos um filho, que têm uma mutação no gene G20210A e que moram em um bairro com concentração de material particulado inalável (MP10) abaixo de $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A verdade é que não sabemos.

A medicina de precisão (precision medicine) tem como objetivo ajudar a resolver esse problema. Em vez de prescrever o mesmo anticoagulante oral para todos os pacientes, espera-se que um dia seja possível indicá-lo apenas para indivíduos para os quais o medicamento verdadeiramente funcione. É claro que será muito difícil atingir a precisão de 100%, devido à multicausalidade das doenças, mas se conseguirmos dobrar a eficácia atual de todas as intervenções de saúde o número de vidas salvas será inestimável.

Para que a medicina de precisão seja um dia de fato uma realidade, o mais importante será aumentar o tamanho das amostras das pesquisas. Isso será possível por meio de incentivos a novos estudos multicêntricos que usem a mesma metodologia e pelo linkage de dados públicos já existentes. A digitalização de todos os dados dos pacientes pelos serviços de saúde também será fundamental para estimular novas análises e aumentar o tamanho das amostras. De especial importância será a universalização do uso integrado do prontuário eletrônico do paciente.

Atividades

1. Em que aspecto a variável *tempo* é criticada na tecnologia *Big Data*?
2. O que são dados não estruturados?
3. Qual é uma das grandes aplicações de *Big Data* em *smart cities*?
4. O que são as pegadas digitais?

Referências

- BOYD, D.; CRAWFORD, K. Critical questions for Big Data: provocations for a cultural, technological, and scholarly phenomenon. *Information, Communication & Society*, v. 15, n. 5, p. 662-679, 2012.
- BUONOMANO, D. **O cérebro imperfeito:** como as limitações do cérebro condicionam as nossas vidas. São Paulo: Campus, 2011.
- CHIAVEGATTO FILHO, A. Uso de Big Data em saúde no Brasil: perspectivas para um futuro próximo. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 24, n. 2, p. 325-332, 2015.
- IBM. **CFO Forum 2017:** finanças na era da reinvenção digital. ago. 2017. Disponível em: <<https://www.ibm.com/blogs/robertoa/2017/08/cfo-forum-2017-financas-na-era-da-reinvencao-digital/>>. Acesso em: 18 set. 2017.
- MCAFEE, A.; BRYNJOLFSSON, E. Big Data: the management revolution. *Harvard Business Review*, v. 90, n. 10, p. 60-68, 2012.
- MAYER-SCHONBERGER, V.; CUKIER, K. **Big Data: como extrair volume, variedade, velocidade e valor da avalanche de informação cotidiana.** Rio De Janeiro: Elsevier, 2014.
- MOSER, M. What is smart about the smart communities' movement? *University of Calgary E-Journal*, v. 10-11, n. 1, 2001.
- RAMOS, E. et. al. **Gestão estratégica da tecnologia da informação.** São Paulo: Ed. FGV, 2012.
- REIS, D. **Gestão da inovação tecnológica.** Curitiba: Manole, 2008.
- SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial.** São Paulo: Edipro, 2016.
- SINGH, S. **New mega trends:** implications for our future lives. eBook Kindle. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2012.
- _____. **Top 20 global megatrends and their impact on business, cultures and society.** San Antonio: Frost & Sullivan, 2014.
- WU, X. et. al. Data mining with Big Data. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, v. 26, n. 1, p. 97-107, 2014.
- YOVANOF, G.; HAZAPIS, G. An architectural framework and enabling wireless technologies for digital cities & intelligent urban environments. *Wireless Personal Communications*, v. 49, n. 3, p. 445-463, 2009.

Resolução

1. Como característica, técnicas de *Big Data* envolvem a capacidade de processar um grande volume de dados estritamente dentro de um tempo finito, tolerável junto à aplicação pretendida, preferencialmente curto o suficiente para que decisões possam ser tomadas em tempo real.
2. Um dado é uma forma organizada de informação, mas essa organização ocorre desde que campos específicos sejam preenchidos para que a recuperação deles se dê de forma automatizada. Ocorre que mesmo os documentos de texto não são interpretados em todo o seu potencial. É inviável classificar cada palavra do texto e relacioná-las com contextos, momentos, pessoas, citações etc. Isso é ainda pior para vídeo e áudio. Em redes sociais, quando as pessoas colocam suas emoções no que escrevem, tudo fica ainda mais emaranhado. São os aspectos relacionados ao conceito de dados não estruturado.
3. Possibilitar a criação de modelos preditivos de gestão pública, a fim de possibilitar aos gestores tomar ações antes que determinados problemas aconteçam, com base na leitura e interpretação cruzada de uma série de dados estruturados e não estruturados.
4. A pegada digital baseia-se em tudo o que está disponível publicamente na internet a respeito das pessoas, desde presença em redes sociais, termos que mais buscam em procuradores *on-line*, informações em geral publicadas, entre outros. Tudo isso deixa sempre alguns dados que permitem identificar um indivíduo, com atributos como nome, endereço e documentos pessoais.

4

Internet das Coisas

A Internet veio para o mundo físico e está presente em inúmeros equipamentos e acessórios que acompanham o dia a dia das pessoas. Seu acesso deixou de ser uma exclusividade de *desktops* e *laptops* em mesas de trabalho para estar ao alcance dos usuários onde quer que eles estejam.

Por meio dos mais insuspeitos pontos de acesso, como refrigeradores, televisores, relógios, automóveis, óculos e eletrodomésticos em geral, o fenômeno da Internet das Coisas (IoT, *Internet of Things*) é um dos principais responsáveis pela revolução da tecnologia da informação nesta era da Indústria 4.0.

4.1 Computação ubíqua

A computação ubíqua, algumas vezes abreviada para *ubicomp*, é um conceito da área de engenharia de *software* e de ciência da computação que diz respeito à computação acontecendo a qualquer hora e em qualquer lugar. É um paradigma diferente da convencional computação *desktop*, em que o computador tem seu local definido (geralmente uma mesa ou estação de trabalho). Schwab (2016) destaca que a computação ubíqua visa a poder utilizar qualquer dispositivo, em qualquer local, e ainda sob qualquer formato.

Como lembra Castells (2009), o paradoxo é que, para que se tenha computação fora de computadores (nos objetos rotineiros da vida das pessoas), é necessária a presença de computadores (em escala diminuta) nesses mesmos objetos. Mais precisamente, essa tecnologia reúne não apenas os microprocessadores (CPU), mas também internet, *middleware* avançado, sistemas operacionais, *mobile code*, sensores, novas interfaces de E/S e de usuários, redes, protocolos móveis, localização e posicionamento e ciência dos materiais.

Algumas denominações alternativas da computação ubíqua são *computação pervasiva*, *inteligência ambiente*, além do sugestivo termo *everyware*. O fato é que cada um desses termos enfatiza aspectos convergentes, embora levemente distintos. Por exemplo, quando se enfoca a questão dos objetos envolvidos, há ainda a associação às expressões *computação física*, *Internet das Coisas (IoT, Internet of Things)*, *computação haptica* (ou *cinética*) ou *coisas que pensam* (*things that think*). Portanto, essa é uma área de amplo conceito.

Como consequência, sua aplicação prática faz fronteira com diversos campos mais recentes da tecnologia da informação, como a computação distribuída, computação móvel, *location-aware computing* (computação de localização consciente), redes móveis, *context-aware computing* (computação de contexto consciente), redes de sensores, interação homem-computador e Inteligência Artificial.

Na essência, todos os modelos de computação ubíqua compartilham uma visão de dispositivos de processamento que trabalham em rede, buscando sempre serem pequenos, baratos e robustos. Como enfatiza Poslad (2009), a ubiquidade se alcança ao distribuir os dispositivos de processamento em todas as escalas possíveis ao longo das experiências pessoais do cotidiano, procurando torná-los tão corriqueiros que transpareçam invisibilidade na percepção do usuário. Boa parte dos usuários, talvez sua maioria, nem suspeita que diversos equipamentos, máquinas e acessórios que são utilizados nos afazeres do dia a dia são, em algum grau, computadorizados.

Como destaca Castells (2009), os usuários não precisam realizar comandos deliberados para ajustar iluminação, temperatura e ventilação: por meio de uma percepção automática (leitura direta) do sistema do nível de conforto ou desconforto dos presentes no ambiente (suor, temperatura corporal, batimentos cardíacos, agitação corporal etc.), o sistema se ajusta para proporcionar as melhores condições ambientais para a pessoa, sem que ela se dê conta desse trabalho realizado pela infraestrutura de TI local. Portanto, muito das funções da computação ubíqua e da Internet das Coisas ocorre sem envolvimento de comando direto humano – às pessoas tais efeitos ocorrem de forma contínua e praticamente imperceptível.

Um refrigerador doméstico inteligente, por exemplo, é uma visão de futuro de eletrodomésticos que já é um tanto quanto clássica, como concorda Schwab (2016), pois é razoavelmente senso comum poder esperar que, um dia, a geladeira avise que os produtos perecíveis estão se aproximando perigosamente da data de vencimento e precisam ser consumidos, ou que outros precisam ser comprados, pois já estão em falta ou quase acabando. Mas é verdade que um sistema como esse já poderia ser emulado há algum tempo pelo computador doméstico convencional: bastaria alimentar uma planilha XLS qualquer no momento de abastecimento (e desabastecimento) do refrigerador e programar os devidos alarmes, que poderiam ser disparados via *e-mail* ou *softwares* mensageiros quaisquer aos donos da casa.

É um processo, claro, manual, altamente dependente da intervenção humana. Por outro lado, as possibilidades trazidas pela Internet das Coisas vão muito além disso: no exemplo do refrigerador inteligente, ele teria sensores em quantidade e qualidade suficientes para reconhecer automaticamente o que é colocado em seu interior. Nesse caso, o refrigerador é o computador, ou mais um dos inúmeros computadores disponíveis na residência, e atualiza seu inventário sem precisar de intervenção humana direta. É nesse nível que se poderia chamar de realmente *inteligente* um refrigerador, de avançada tecnologia de Internet das Coisas, e não se está tão distante desse momento.

Convém ressaltar que os computadores intrínsecos às coisas da Internet das Coisas não precisam ser, em uma análise individual, estritamente poderosos em termos de poder computacional – como bem aponta Castells (2009), há que se lembrar que essa tecnologia aproveita muito da computação distribuída, sendo que os equipamentos podem interagir entre si, até mesmo para realizar o processamento de dados uns dos outros. É bastante razoável esperar que a figura de um computador central, principal *mainframe* do ambiente doméstico, que justificava até agora o C do termo *CPU* (central), controlador principal de todos os outros dispositivos da casa, perca cada vez mais a sua necessidade. Em seu lugar, em ambiente virtual, há a *conta eletrônica* do usuário ou dono da casa, que é alimentada por dados gerados por todos os inúmeros dispositivos computadorizados daquele ambiente, e igualmente processados de forma distribuída por esses mesmos dispositivos. A própria ideia de *um* ambiente precisa ser repensada, pois a limitação geográfica não existe mais: o ambiente de uma pessoa pode ser o conjunto formado por sua casa, seu carro e seu trabalho, por exemplo.

É preciso reconhecer o trabalho do pesquisador responsável por cunhar o termo *computação ubíqua*. Trata-se de Mark Weiser, norte-americano e cientista da computação que trabalhou como executivo de Tecnologia no Xerox Palo Alto Research Center. Vanguardista, ele publicou uma seminal obra para a indústria de TI, com seu artigo científico publicado em 1999 com o título *The Computer for the 21st Century* ("O computador para o Século XXI") – é nesse texto que foi empregada pela primeira vez a expressão *computação ubíqua*, o que foi imediatamente assimilado pela Ciência da Computação, tornando-se um campo específico e muito rico de pesquisa.

No seu trabalho, Weiser (1999) propôs três formatos básicos para dispositivos de sistema ubíquo: *tabs*, *pads* e *boards*.

- *Tabs*: dispositivos realmente miniaturizados (não passando de poucos centímetros de dimensão), portanto potencialmente “vestíveis” (tecnologia *wearable*).
- *Pads*: dispositivos que alcançam no máximo alguns decímetros de tamanho, perfeitamente portáteis.
- *Boards*: normalmente com maior apelo funcional de *display* (facilitando a visibilidade das informações) e com tamanho em proporção métrica (como placares eletrônicos interativos).

Em suma, esses três formatos propostos por Weiser (1999) são caracterizados por possuírem tamanho macro, disposição planar e incorporarem *displays* para exibição visual. Extrapolando-se essas três características originalmente propostas, pode-se expandir o alcance para uma gama muito mais diversificada e potencialmente mais útil de dispositivos computacionais onipresentes. É por isso que Poslad (2009) propôs três formatos adicionais para essa tecnologia, a saber:

- *Dust* (poeira): dispositivos podem ser suficientemente miniaturizados a ponto de não envolverem mais *display* visual, pelo simples motivo que são pequenos demais para enxergar. Por outro lado, são equipamentos altamente funcionais, em escalas de tamanho de milímetros, micrômetros (mil vezes menores que o milímetro) ou até mesmo nanômetros (1 milhão de vezes menores que o milímetro). Portanto, já na fronteira da nanotecnologia, englobam os chamados *microssistemas eletromecânicos* (MEMS) e a tecnologia de ponta que vem sendo conhecida como *Smart Dust*.
- *Skin* (pele): tecidos artificiais, construídos à base de polímeros emissores de luz e condutores, dão origem a dispositivos informáticos orgânicos, que podem ser dispostos em superfícies não planares (flexíveis) e em produtos como roupas e cortinas. Uma aplicação prática já disponível são as telas OLED, que podem ser curvadas ou até mesmo enroladas. As tecnologias *Dust* e *Skin* se mesclam: dispositivos MEMS podem ser aplicados em uma superfície (até mesmo com uma pintura carregada desses dispositivos) para que uma variedade de incontáveis estruturas físicas do mundo convencional possa atuar como redes computacionais à base de MEMS: bandeiras, meias, guardanapos, gaze e curativos, cobertores, cortinas, estátuas, telhados, entre infinitos outros potenciais exemplos.
- *Clay* (argila): como o próprio nome sugere, conjuntos de MEMS podem ser agrupados em formas arbitrárias tridimensionais, como artefatos que se assemelham a diferentes tipos de objetos físicos – essencialmente, difere-se da tecnologia *Skin* pelo atributo maleabilidade física. Um vaso produzido com esse material, por exemplo, poderia ser mais um objeto da Internet das Coisas, uma vez que sua composição mescla o material que dá sustentação física à peça e MEMS para realizar o poder computacional daquele artefato.

No entendimento de Castells (2009), ocorre uma mudança permanente e irreversível dos já descentralizados microcomputadores e *mainframes* para uma computação completamente pervasiva. Para esse pesquisador, a internet é apenas um dos passos iniciais de um sistema de computação amplamente generalizado, que gradativamente toma conta por

completo do mundo como se conhece. A progressão lógica desse paradigma é um sistema em que a lógica de rede cubra todos os campos da atividade diária das pessoas, em todos os locais e em todos os contextos. Como ápice desse cenário, visão compartilhada por Singh (2012, 2014), é previsto um sistema em que bilhões de dispositivos de comunicação interativos, miniaturizados e ubíquos estarão espalhados em cada centímetro quadrado do planeta, tal como imperceptíveis pigmentos de pintura de uma parede.

4.2 Um mundo de sensores

Nem todos os dispositivos da Internet das Coisas são computadores: a grande maioria dos itens tende a ser, cada vez mais, formada de sensores que alimentam os computadores com as mais variadas e ricas informações. A analogia com o corpo humano é bastante válida: uma pessoa é um ser inteligente, contudo, tal inteligência é reconhecida no conjunto completo (o organismo), e não apenas no seu cérebro. Um organismo humano é formado por um cérebro, comportando-se em função análoga a uma CPU na computação, mas também por uma extensa rede de neurônios, fundamentais para que o cérebro tenha atuação efetiva sobre todo o corpo humano, desde o funcionamento da respiração, atuação dos órgãos vitais e o poder dos cinco sentidos (olfato, audição, paladar, tato evisão). No mundo da computação, semelhante disposição ocorre: tão importante quanto as unidades de processamento são os sensores espalhados pelo mundo, para que informações sejam recolhidas e processadas. E, assim como a proporção do organismo humano é de um cérebro para 86 bilhões de neurônios, em um mundo de Internet das Coisas a quantidade de sensores suplanta espantosamente o número de computadores.

Em uma definição mais ampla, um sensor pode ser considerado um componente, módulo ou subsistema eletrônico cujo objetivo é detectar eventos ou mudanças em um dado ambiente, enviando a informação para outros dispositivos eletrônicos, que, com frequência, são processadores de computador. Convém frisar que um sensor, isoladamente, não tem nenhuma aplicação prática, afinal sua função primordial é realizar uma leitura de informação – limitando-se a isso, como bem ressalvado por Poslad (2009). Portanto, ele é sempre usado com outros dispositivos eletrônicos, sendo possível, dependendo da finalidade para a qual foi construído, ser extremamente simples, leve e pequeno, ou realmente complexo, pesado e grande.

Historicamente, os sensores surgem na indústria bem antes das máquinas de computação avançada. Sensores costumam ser empregados em objetos do cotidiano, como é o caso dos botões de elevador sensíveis ao toque (nesse caso, sensor tátil) e das lâmpadas que aumentam ou diminuem o brilho pelo toque em suas bases. Por certo, o número de sensores já presentes no cotidiano é tão expressivo, e organizado de uma forma tão transparente, que as pessoas dificilmente têm consciência dessa massiva presença eletrônica.

A partir da Quarta Revolução Industrial, com os avanços na tecnologia MEMS (incluindo os nanorobôs) e as mais diversificadas plataformas de microcontroladores, o potencial de utilização de sensores se expandiu para além dos convencionais campos de medição

de temperatura, pressão e fluxo, como apontam Ramos et al. (2012) e Schwab (2016). Por exemplo, é presença comum nos modernos *smartphones* dispositivos sensores com função integrada de giroscópios, acelerômetros e magnetômetros.

Reconheça-se, ainda, que a tecnologia de sensores analógicos, como potenciômetros e resistores de detecção de força, continua a ser amplamente utilizada na indústria, como nos sistemas de fabricação, maquinaria, aviões, carros, medicina, robótica e muitos outros aspectos da vida cotidiana. Na Internet das Coisas, sensores podem fazer a leitura digital ou, o que é mais comum, de modo analógico. Para um sinal de sensor analógico poder ser processado ou aproveitado em equipamentos digitais, ele precisa, antes, ser convertido em um sinal digital, usando um conversor analógico-digital, o que acaba sendo mais um *hardware* específico envolvido no ambiente informatizado.

Uma característica essencial dos sensores é a sensibilidade, ou seja, a capacidade de indicar, em sua saída, a quantidade de entrada que está sendo mudada. Por exemplo, se a coluna de mercúrio se desloca 1 cm quando a temperatura muda em 1 °C, a sensibilidade é de 1 cm/°C (assumindo-se, como premissa, um comportamento linear de resposta). Ocorre que, na prática, a presença dos sensores pode afetar o que eles medem. Por exemplo, um termômetro inserido em uma panela de líquido quente esfria aquele líquido na mesma proporção que o líquido aquece o termômetro. É bem verdade que, na grande maioria dos casos, a perturbação causada na medição pela interação entre meio e sensor é insignificante. Contudo, em algumas situações mais críticas em termos de precisão necessária, pode ser que esse erro incutido na leitura tenha que ser considerado, para que a informação seja corrigida ou ajustada.

É por isso que os sensores costumam ser projetados e construídos para ter o menor efeito possível sobre o que é medido. Assim, tornar um sensor tão diminuto fisicamente quanto seja possível é um requisito essencial para o alto desempenho do dispositivo. E fazê-lo traz, como efeito associado, outras vantagens, como menor custo devido a menos material necessário para fabricação. Além disso, na maior parte dos casos, um microssensor é um dispositivo que atinge mais alta velocidade de aquisição de dados, com melhor sensibilidade em comparação aos equivalentes macroscópicos. Dessa forma, na prática, o que se tem na Internet das Coisas é a grande proliferação de sensores pequenos, microscópicos ou até mesmo em escala nanométrica, como os mais modernos nanossensores que adotam a tecnologia MEMS.

Sendo assim, em suma, como destaca Poslad (2009), um bom sensor é aquele que atende às seguintes condições:

- ser sensível à propriedade medida;
- ser insensível a qualquer outra propriedade que possa ser encontrada na aplicação pretendida;
- não influenciar a propriedade medida (ao menos não em uma ordem significativa).

O preço continuamente decrescente dos sensores tem um importante efeito prático: ele está viabilizando cada vez mais a difusão de sistemas de Internet das Coisas, uma vez que os custos de implantação estão sendo percebidos como acessíveis, como destaca Schwab (2016).

Segundo pesquisa da BBC Research, estima-se que o mercado global de sensores possa atingir mais de US\$ 154 bilhões até 2020, a taxas de crescimento anual acima de 10%. Dentre todos os sensores em geral, a categoria de sensores inteligentes (*Smart Sensors*), especialmente projetados para aplicações de Internet das Coisas, tem participação cada vez maior, como aponta Singh (2014). A estimativa era de um volume de negócios de quase US\$ 7 bilhões em 2017, aumentando ano após ano sua presença em meio aos sensores convencionais.

Sensores inteligentes são tecnologicamente mais elaborados que sensores comuns, reunindo, geralmente, além do próprio elemento sensor, uma interface de circuitos analógicos, um conversor de sinal analógico para digital e uma interface de comunicação. Além disso, normalmente possuem uma ou várias funções que justificam o emprego do termo *inteligente*, tais como autoteste, autoidentificação, autovalidação, autoadaptação, entre outras.

Para Singh (2012, 2014), entre os principais sensores inteligentes atualmente já empregados na Internet das Coisas, estão prevalecendo alguns grupos, a saber:

- Sensores de proximidade: esses dispositivos trabalham com a capacidade de detectar movimento. Na prática, estão sendo cada vez mais empregados no varejo: uma loja pode usar a proximidade física de um cliente para enviar promoções e cupons de desconto diretamente para o *smartphone* da pessoa, oferecendo uma experiência diferenciada (ação de *marketing* digital direto). Além disso, os sensores de proximidade também encontram aplicação para monitoramento de vaga de estacionamento em grandes espaços, como *shoppings*, aeroportos e estádios.
- Acelerômetro e giroscópio: dispositivos integrados e disponíveis em todo moderno *smartphone*. A função de um acelerômetro é detectar vibrações, inclinação e aceleração linear. Suas aplicações incluem podômetro, nivelamento, alerta de vibração, alarmes antirroubo, entre outros. O giroscópio é usado para mensurar a velocidade angular, sendo empregado principalmente em *mouses* 3D, *videogames* de última geração e até no treinamento de atletas profissionais.
- Sensores de temperatura: com essa função clássica de sensoriamento, esse tipo de dispositivo tem larga aplicação, quase em todas as áreas de Internet das Coisas, do chão de fábrica industrial até o agronegócio. Nos processos de manufatura fabril, esses sensores podem acompanhar de forma contínua a temperatura de uma máquina, garantindo que ela trabalhe dentro dos parâmetros seguros. No campo, as aplicações incluem monitoramento da temperatura do solo, água e plantas, visando a maximizar a produtividade.
- Sensores de umidade: de forma análoga ao sensor de temperatura, também são utilizados muito para controlar o desempenho de equipamentos de produção, existindo em formatos analógico e digital. Um sensor de umidade analógico registra a umidade relativa do ar utilizando, normalmente, tecnologia capacitiva, sendo geralmente revestido por vidro ou cerâmica. O material isolante, que absorve toda a água, é constituído de um determinado polímero que recebe e libera água por meio da umidade relativa de uma área predeterminada. Assim, isso altera o potencial de carga do capacitor na placa de circuito elétrico. Por sua vez, o sensor

digital funciona por meio de dois microssensores, calibrados com a umidade relativa de uma determinada área. Eles são, então, convertidos em formato digital pelo circuito conversor, normalmente presente em um *chip* localizado no mesmo circuito. Uma máquina com um sistema de eletrodos constituídos de polímeros é a responsável pelo efeito de capacidade do sensor. Na prática, existem sensores de umidade específicos para solo, bastante utilizados por produtores agrícolas para medir as taxas de umidade antes, durante e depois da plantação e da colheita.

- Sensores de pressão: largamente empregados na agroindústria. Isso ocorre porque os produtores agrícolas consomem cerca de 70% da água doce do mundo, mas, desse volume, 60% é desperdiçado devido a sistemas de irrigação com vazamento, métodos de aplicação ineficientes e o cultivo apenas de culturas sedentas, de acordo com relatório do World Wildlife Fund (WWF, 2016). Os sensores de pressão podem ser utilizados para determinar o fluxo de água por meio das tubulações, notificando gestores ou equipe responsável quando uma situação precisa ser corrigida. Esse tipo de sensor também é bastante usado em veículos inteligentes e aeronaves para determinar características como potência e altitude (respectivamente).
- Sensores de nível: detectam o nível de líquidos e outros fluidos, incluindo também suspensões, materiais granulares e substâncias em pó. Os sensores de nível podem ser adotados para fins de gerenciamento inteligente de resíduos e reciclagem ambiental. Outras aplicações típicas são controle de níveis de tanque, medição de combustível, inventário de ativos líquido, alarmes de nível alto ou baixo e controle de irrigação.

Em síntese, como lembra Reis (2008), o mundo é repleto de informações latentes (e analógicas), de todas as naturezas, que podem ser aproveitadas para diversas soluções inovadoras – nesse contexto, é essencial o poder de leitura de mundo dos mais diversos tipos de sensores (como reconhecimento de sons, voz, tato, sensores de presença/ausência etc.). As grandes oportunidades provavelmente residem nas situações mais corriqueiras e ignoradas do cotidiano. Uma possibilidade na área da saúde, por exemplo, é o melhor aproveitamento de equipamentos pesados de diagnóstico, como raios-X, tomografia e ressonância magnética. Com os devidos sensores inteligentes, esses equipamentos poderiam se transformar em coletores de informação que alimentam bancos de dados globais, com informação anonimizada (sem identificar dados pessoais), ajudando, dessa forma, a expandir o estudo da arte do conhecimento de algumas doenças, aumentando a base para levantamentos estatísticos que concluem, com mais precisão, tratamentos mais adequados, incidência de condições de saúde com base em região geográfica, idade, sexo etc.

4.3 Desafios ainda a serem superados

A computação ubíqua é uma mudança de paradigma na Ciência da Computação e, como toda nova área que se impõe como realidade, apresenta pontos sensíveis que se revelam como desafios que ainda precisam de uma solução mais consolidada. Isso ocorre

principalmente nas etapas de projeto e engenharia de sistemas, na modelagem de sistemas e no *design* da interface do usuário. Admita-se, os modelos convencionais de interação homem-máquina (ou usuário-computador), seja pela tradicional linha de comando, orientados por menus ou com base em tecnologia GUI (interfaces gráficas de usuários), são inadequados para a computação onipresente. Isso parece sugerir que o paradigma de interação natural, apropriado para uma computação ubíqua totalmente robusta, ainda está por surgir. Por outro lado, é verdade que o estágio ainda embrionário da computação ubíqua já permite benefícios sócio-técnicos que são quase a excelência diante do que poderia ser oferecido pela computação convencional, e aí se incluem, como evidências, artefatos como *smartphones* e música e filmes por *streaming*, compartilhamento de posição por GPS, entre outros.

Quanto à Internet das Coisas, a revolução trazida pelos dispositivos e objetos inteligentes se consolida em meio à Quarta Revolução Industrial. Essa tecnologia consegue conectar os usuários aos seus mais variados dispositivos de uma forma que era totalmente inviável até poucos anos atrás. No entanto, ainda são poucos os profissionais de TI que, empolgados em meio às novas conveniências e maravilhas envolvidas, reconhecem que a Internet das Coisas traz também novos problemas e preocupações, alguns de aspecto técnico e outros de natureza social e ambiental. Para Castells (2009), pela incipiência da nova tecnologia, a maioria desses novos problemas e preocupações é ainda pouco reconhecido, embora existam evidências de que situações práticas relacionadas já começam a acontecer.

Um desses fatores diz respeito às novas possibilidades de uso. Há uma diferença importante entre as aplicações pretendidas para novos artefatos tecnológicos e as aplicações que, historicamente, consolidam-se como as efetivas na prática. Nos primórdios da informática, quando o computador pessoal foi lançado como uma nova possibilidade de eletrodoméstico para as residências, o apelo que se fazia era de que ele seria o lugar ideal para guardar receitas. Afinal, o que mais se poderia fazer com um computador dentro de casa? O mesmo ocorre quando dispositivos inovadores como o iPad foram lançados, com diversos artigos sugerindo o que poderia ser feito na prática com eles. Assim como o PC (*personal computer*) e o iPad, a Internet das Coisas é uma daquelas ideias que estão se tornando realidade muito mais em função da possibilidade tecnológica do que por alguma grande necessidade prática da sociedade humana. Então, embora exemplos de como usar a Internet das Coisas normalmente envolvam o *Smart Home* (Lar Inteligente), um sistema automático de temporizadores para ativar e desativar eletrodomésticos, os reais propósitos provavelmente se revelarão somente depois que os dispositivos inteligentes estiverem cada vez mais presentes na vida das pessoas.

Isso não significa que a Internet das Coisas não esteja fadada ao sucesso nem que se ofusque seu papel de tecnologia revolucionária. O que ocorre, mais especificamente, é que as consequências de um mundo repleto de Internet das Coisas são difíceis de prever com precisão. Portanto, esperar pelo inesperado é um cuidado útil para se adotar quando se trata de acompanhar as tecnologias de próxima geração.

Outro fator que merece atenção é a necessidade de padrões abertos. Em um primeiro momento de implantação histórica, a Internet das Coisas consiste em muitos dispositivos individuais (alguns mesmo experimentais) com suas próprias especificações (conforme

fabricante). Nessa fase, isso ainda não parece importar muito, mas chegará um tempo, provavelmente muito em breve, em que o crescimento e a cobertura global atingirão um estágio tal que será exigido que dispositivos inteligentes de múltiplos fabricantes diferentes possam se comunicar entre si por meio de linguagem (de máquina) comum.

Então, embora muito do desenvolvimento atual da Internet das Coisas empregue *software* de código aberto, padrões e protocolos universais costumam ficar em segundo plano no desenvolvimento de tecnologia inteligente. A devida priorização merece ser avaliada. Os poucos esforços atuais que existem tendem a ser específicos para tecnologia proprietária e se concentrar na aplicação de padrões ou protocolos existentes em dispositivos inteligentes, em vez de serem desenvolvidos para as novas demandas da Internet das Coisas. Sem um maior grau de integração, o crescimento da tecnologia não será condenado, embora seja certamente refreado.

Também é indispensável apreciar a questão das demandas energéticas. Na visão da mundialmente consagrada Gartner, empresa referência na indústria de TI, atingiu-se quase 5 bilhões de dispositivos inteligentes em 2015, com previsão de se alcançar, até 2020, 25 bilhões de objetos conectados, um crescimento em ritmo exponencial (GARTNER, 2016).

Reconheça-se que, juntamente com essa difusão de novos dispositivos eletrônicos, haverá um correspondente aumento nas demandas de energia elétrica, comparável ao salto que se observou à época em que a internet ganhou uso comercial. Em 2012, levantamentos a respeito dos *data centers* que alimentavam a internet estimaram um consumo na ordem de 30 bilhões de *watts* de eletricidade por ano. Isso é o suficiente para alimentar uma cidade de médio porte. Por certo, como aponta Singh (2012, 2014), a Internet das Coisas exigirá um dispêndio energético muito maior.

É verdade que muito se aposta no aprimoramento tecnológico, com baterias de melhor desempenho e fontes sustentáveis, como energia solar e eólica. Mesmo assim, pelo que tudo indica nas projeções dos especialistas, atender à demanda completa será ainda difícil – a oferta crescerá, mas a demanda será muito maior. Como complicadores, somar questões como energia desperdiçada e poluentes gerados pode fazer com que a Internet das Coisas se torne um relevante problema socioambiental já nos próximos anos.

Ainda na temática ambiental, há que se analisar a questão da geração de resíduos. Graças à obsolescência planejada, 50 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos – entre computadores, telefones e periféricos – são produzidas anualmente, considerando apenas o que ocorre nos Estados Unidos. Já que países como a China e a Índia continuam a se industrializar em um ritmo acelerado, e a Internet das Coisas traz todo o aparato de informática consigo, o problema só tende a continuar. Nesse contexto, chama atenção o fato de apenas 20% do desperdício eletrônico ser reciclado, e, apesar da Convenção de Basileia (tratado que estabelece controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito), grande parte do restante continua a ser embarcado com destino a países em desenvolvimento, onde é recuperado em condições inseguras.

É certo que não são os dispositivos inteligentes que originaram o desperdício eletrônico. Por outro lado, reconhecendo que, na atualidade, eles são fabricados do mesmo modo como

os computadores convencionais, apresentando vida útil de poucos anos, há uma séria probabilidade de se duplicar, ou até triplicar, o problema.

Não menos graves parecem ser os problemas de armazenamento. O armazenamento adicional das informações geradas por dispositivos inteligentes também contribui para aumentar a demanda de energia elétrica exigida pela Internet das Coisas. Na atualidade, uma única empresa como o Google mantém verdadeiras fazendas de servidores, cada uma ocupando dezenas de milhares de metros quadrados. Isso pode ser um cenário ainda mais potencializado com a proliferação de dispositivos inteligentes.

No entanto, as demandas físicas são apenas parte do problema. É interessante observar que grande parte dos dados gerados por dispositivos inteligentes se faz necessária apenas brevemente, para enviar sinais ao dispositivo, não precisando de armazenamento definitivo. Dados como os inerentes a temporizadores para dispositivos, por exemplo, poderiam perfeitamente ser armazenados por apenas uma ou duas semanas no máximo, sem qualquer grave consequência.

Apesar disso, no volume total de dados adicionais que potencialmente serão gerados, é provável que se demande o armazenamento de parte dessas informações por períodos mais longos. Consequentemente, torna-se necessário definir políticas sobre o tipo de informação armazenada, o tempo de armazenamento, os níveis de acesso autorizado e as exceções que podem ser toleradas.

Uma das questões mais evidentes do mundo completamente digitalizado é a falta de privacidade. Na prática, a Internet das Coisas implica na produção de um conjunto valioso de informações a respeito de seus usuários. Há muito, os telefones inteligentes já podem ser rastreados, mas os dispositivos inteligentes apontam para um futuro ainda mais radical: provavelmente, o poder público terá condições de substituir os censos demográficos tradicionais pelo mero acompanhamento das informações geradas a todo momento pelos dispositivos do dia a dia da população. Por sua vez, os fabricantes dos dispositivos que acompanharão a vida das pessoas passarão a ter um levantamento completo e preciso de hábitos e estilos de vida de seus clientes, o que dificilmente deixará de ser empregado para iniciativas de *marketing* direto.

Caso uma pessoa precise ser localizada por agências governamentais, os dispositivos inteligentes podem entregar a localização instantaneamente. Isso é tão controverso quanto esperar o cenário em que os dispositivos (e suas valiosas informações) sejam usados em processos contra réus, em um tribunal de justiça, como provas válidas.

São visões sobre a privacidade que talvez pareçam extremas nos novos tempos digitais, mas que não podem ser ignoradas. O que é esperado é que, à medida que avança, a Internet das Coisas produza inúmeros precedentes legais, e até ações coletivas, conforme os países passem a debater exatamente sobre quais direitos à privacidade os usuários de dispositivos inteligentes devem ter – e quais, inevitavelmente, irão perder.

Finalmente, discute-se o aspecto de falta de segurança. Quando confrontados a escolher entre conveniência e segurança para usuários, como regra geral, os fabricantes parecem sempre inclinados a escolher a primeira opção. Mesmo nesse estágio inicial a Internet das

Coisas não é exceção. O que se tem visto é que dispositivos básicos, como roteadores, receptores de satélite, armazenamento em rede e TV inteligentes, têm se mostrado fáceis de “hackear”. O ano de 2015 foi marcante pelo relato bem documentado do primeiro carro conectado invadido remotamente enquanto estava sendo operado. Fatos como esse precisam ser reconhecidos como sinais de alarme, embora o que se perceba é que pouco tem sido feito.

De qualquer forma, não importa o quanto seguro um dispositivo possa ser potencialmente, os usuários precisam tomar sua parte da responsabilidade adotando as boas práticas de segurança. Por exemplo, podem evitar manter os habituais admin/123456 como *login* e senha padrão de seus dispositivos. Os fabricantes também poderiam ajudar, forçando sempre a mudança da senha na primeira utilização dos equipamentos.

Se na infância da Internet das Coisas, como pode ser concebida a época atual, já se tem relatos espantosos da fragilidade de segurança de muitos sistemas, a projeção futura merece uma séria atenção. Afinal, em poucos anos serão casos multiplicados não por milhares ou milhões, mas sim por bilhões de dispositivos. Sob certa perspectiva, a atual falta de segurança e privacidade parece até trivial em comparação com o que provavelmente está por vir quando a tecnologia estiver completamente consolidada.

Em suma, como resume Singh (2012, 2014), convém esperar o inesperado. Nenhum desses desafios analisados é necessariamente uma razão para se opor à Internet das Coisas. A análise também não está necessariamente completa: assim como os propósitos para dispositivos inteligentes serão encontrados conforme sua gradativa implantação, torna-se bastante provável que surjam obstáculos que não se pode prever de antemão.

Reconheça-se que as últimas décadas trouxeram revoluções produzidas por quase tudo, desde o computador pessoal até o celular. Um exercício de se extrapolar os desafios já vividos em revoluções anteriores (lições aprendidas) pode, provavelmente, ajudar a minimizar os problemas a serem criados pela Internet das Coisas.

Conclusão

À medida que a Internet das Coisas continua a ganhar força, torna-se essencial que profissionais de tecnologia da informação entendam as oportunidades e os desafios potenciais que esse movimento proporciona. Decisões tomadas no momento presente serão fundamentais para o grau de sucesso que se alcançará nas organizações e nos negócios nos próximos anos.

Destaque-se que o mundo demandará cada vez mais competências para equilibrar a conexão generalizada de objetos e equipamentos com aspectos de segurança que se farão necessários. Isso continuará sendo uma grande tendência na indústria de TI ainda por muito tempo.

Os profissionais de tecnologia da informação podem, desde já, integrar a Internet das Coisas, começando pela implementação de soluções voltadas à eficiência operacional nos ambientes organizacionais, como gestão de fluxo de trabalho, gestão de cadeia produtiva e inventário, que darão base a todos os demais projetos futuros envolvendo a conexão de objetos e dispositivos.

Ampliando seus conhecimentos

Em seu artigo “Da necessidade de princípios de Arquitetura da Informação para a Internet das Coisas”, Lacerda e Lima-Marques (2015) analisam o cenário da Internet das Coisas e seus impactos para a sociedade. Para os autores, o cenário da tecnologia é multifacetado e vem sendo tratado na literatura sob perspectivas socioculturais, econômicas, filosóficas, mas, predominantemente, tecnológicas. As questões emergentes desse contexto são de natureza e proporções variadas – como privacidade, usabilidade, consentimento, para citar alguns – e afetam desde o domínio individual até o global, passando pelas esferas doméstica, social, urbanística e governamental.

Da necessidade de princípios de Arquitetura da Informação para a Internet das Coisas

(LACERDA; LIMA-MARQUES, 2015, p. 168)

A pesquisa voltada para aspectos tecnológicos é fundamental para o avanço da Internet das Coisas. Entretanto, é necessário compreender os tipos de tarefas e padrões de interatividade que emergem no momento em que o usuário transcende o modelo de interação com computadores para interagir com interfaces que permeiam seu ambiente e aumentam suas capacidades individuais, mas que, ao mesmo tempo, conferem autonomia e poder de decisão aos objetos.

Há uma série de desafios tecnológicos e informacionais que devem ser tratados para viabilizar o funcionamento adequado desta tecnologia. Mas está nos aspectos humanos e sociais a oportunidade de fazer a diferença em termos de projetos de ecossistemas de informação direcionados às necessidades das pessoas.

A questão central de interesse da Internet das Coisas para a Arquitetura da Informação, na qualidade de disciplina da Ciência da Informação, é a concretização de um mundo onde o processamento de informações estará em toda parte. São novos espaços de informação, com diferentes propriedades, que precisam ser compreendidas e arquitetadas. A Internet das Coisas requer uma abordagem humanista e sistêmica, baseada essencialmente em princípios, com vistas a evitar soluções pautadas em valores comerciais ou tecnicistas.

[...]

Atividades

1. Em quais tecnologias a nanotecnologia se encontra com a Internet das Coisas?
 2. Quais as razões que justificam a necessidade de miniaturização dos sensores?
 3. Por que novas possibilidades de uso são um dos desafios a ainda serem superados no que diz respeito ao futuro da Internet das Coisas?
 4. Quais são os desafios da Internet das Coisas no quesito sustentabilidade ambiental?
-

Referências

- CASTELLS, M. **The rise of the network society, the information age: economy, society and culture.** 2. ed. Hoboken, NJ: Blackwell, 2009.
- LACERDA, F.; LIMA-MARQUES, M. Da necessidade de princípios de Arquitetura da Informação para a Internet das Coisas. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 20, n. 2, p.158-171, abr./jun. 2015.
- POSLAD, S. **Ubiquitous computing: smart devices, smart environments and smart interaction.** Hoboken, NJ: Wiley, 2009.
- RAMOS, E. et. al. **Gestão estratégica da tecnologia da informação.** São Paulo: Ed. FGV, 2012.
- REIS, D. **Gestão da inovação tecnológica.** Curitiba: Manole, 2008.
- SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial.** São Paulo: Edipro, 2016.
- SINGH, S. **New mega trends:** implications for our future lives. eBook Kindle. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2012.
- _____. **Top 20 global megatrends and their impact on business, cultures and society.** San Antonio: Frost & Sullivan, 2014.
- WEISER, M. The computer for the 21st century. **Mobile Computing and Communications Review**, v. 3, n. 3, p. 3-11, 1999.
-

Resolução

1. Nas arquiteturas de dispositivos conhecidas por *Dust*, *Skin* e *Clay*. Neles, a versatilidade dos MEMS (microssistemas eletromecânicos) – dispositivos computacionais que podem alcançar escala de dimensão nanométrica – permite as mais variadas aplicações, sendo potencial de muitas futuras inovações tecnológicas. Além disso, implicam que, em breve futuro, a grande maioria dos objetos categorizados como Internet das Coisas seja de escala diminuta ou mesmo invisível a olho nu.
2. Quanto menores os sensores, potencialmente mais baratos se tornam, porque incorrem menos custos de materiais de fabricação. Além disso, sensores menores tendem a ser mais sensíveis, trazendo leituras mais precisas, apresentar menor erro de inter-

ferência mútua meio/medidor e também a ser mais velozes na aquisição das informações, quando comparados com sensores maiores.

3. Porque a História mostra que sempre existe uma distância entre o que é previsto fazer com novas tecnologias e aquilo que de fato é feito, de tal modo que, diante do imponderável, muitas vezes só resta acompanhar os desdobramentos práticos da difusão da novidade tecnológica para saber como melhor gerenciá-la.
4. Fundamentalmente, o maior consumo energético, e a pressão por uma maior eficácia na reciclagem de equipamentos com rápida obsolescência. Esses aspectos demandam soluções que ainda não estão totalmente delineadas na indústria da tecnologia da informação.

5

A nova robótica

Um dos efeitos mais interessantes do avanço da tecnologia da informação (TI) é que ela proporciona aplicações que vão muito além da mera interação entre computador e usuário via uma tela de monitor. A TI se materializa, fisicamente, em dispositivos que interagem fisicamente com o mundo real, sendo que os robôs podem ser entendidos como o corpo físico móvel dos sistemas informatizados, uma extensão do *hardware* estático dos computadores.

A nova robótica se distingue dos clássicos robôs de montagem, tão típicos da indústria automobilística, pelos novos usos que ganham na sociedade. Enquanto drones e impressoras 3D se integram cada vez mais aos processos produtivos industriais, o campo da cibernetica adentra um incrível e até mesmo polêmico ponto de convergência entre sistemas mecânicos artificiais e sistemas biológicos, ou, mais precisamente, uma integração homem-máquina em uma escala nunca antes imaginada.

5.1 Drones

De uma forma simplista, drones podem ser entendidos como “robôs que voam”. O nome deriva do termo original em inglês, cuja tradução em português é zangão, certamente por voar e pelo zumbido característico produzido por suas múltiplas hélices. Existe também a denominação VANT, abreviatura de veículo aéreo não tripulado. Ao menos segundo o Departamento de Controle do Espaço Aéreo brasileiro, a definição se aplica a todo e qualquer tipo de aeronave que possa ser controlada nos três eixos espaciais (omnidirecional) e que não utilize pilotos embarcados para ser guiada.

Portanto, essas aeronaves-robôs são controladas a distância, mediante recursos eletrônicos e computacionais, sob a supervisão direta de operadores humanos, ou até mesmo sem nenhum envolvimento humano (caso em que se empregam CLP – Controladores Lógicos Programáveis).

Historicamente, como relata Borne (2014), os drones foram originalmente concebidos para uso militar e inspirados nas bombas voadoras alemãs e também nos convencionais aeromodelos controlados por rádio. Dessa forma, o primeiro emprego na prática foi em missões assumidamente de risco elevado para as pessoas, em situações como atividades de inteligência ou espionagem militar, apoio e controle de tiro de artilharia, cobertura aérea a tropas de infantaria e cavalaria em atividade bélica e controle de mísseis de cruzeiro. Na sequência, estendeu-se a atividades de policiamento e patrulhamento urbano, costeiro, ambiental e de fronteiras, atividades de busca e resgate, entre outras. Muitas vezes, os drones também são opções preferenciais para atividades que seres humanos consideram tediosas, como vigilância de dutos e linhas de transmissão de energia – da mesma maneira que a robótica convencional substitui a mão de obra humana em situações que requerem maior força física bruta ou precisão.

Para Borne (2014) e Singh (2012, 2014), a tecnologia dos drones já se encontra disseminada em nível global. Todavia, principalmente no âmbito militar, ainda prevalece a posição de supremacia nesse campo de países como EUA, Inglaterra e Israel. Nessas duas nações os drones são, de fato, um dos mais importantes instrumentos de estratégia militar.

Segundo relatórios do Bureau of Investigative Journalism¹, no período entre 2004 e 2017, quase 10 mil pessoas foram mortas por ataque de drones no Paquistão, em ações de combate ao terrorismo promovidas por órgãos do governo dos EUA, como CIA e Departamento de Defesa. Nas últimas décadas, além do Paquistão, os drones também foram utilizados em Kosovo (região da antiga Iugoslávia), no Chade (centro-norte da África), na Líbia, no Iraque, no Afeganistão e em ações contra pirataria marítima em diversas regiões. Efetivamente, a cada novo conflito bélico, o uso dos drones nas ações militares se intensifica cada vez mais. Isso proporciona incursões mais breves e mais precisas.

¹ Para mais informações, acesse o site do *Bureau*, disponível em: <<https://www.thebureauinvestigates.com/projects/drone-war>> e informações sobre o assunto em: <<https://www.terra.com.br/noticias/infograficos/drones/>>. Acesso em: 31 out. 2017.

Contudo, para além do uso militar, que foi o primeiro campo de aplicação dessa tecnologia, os drones vêm ganhando uma ampla utilização para fins civis, bem variados, como recursos de fotógrafos e cinegrafistas em festas de aniversário, casamentos ou eventos em geral e até serviços de entrega de produtos ao consumidor comprados em lojas como a Amazon.

Para as produções televisivas e cinematográficas em geral, os drones não são o primeiro recurso aéreo empregado. Tradicionalmente, muito já se fez com uso de helicópteros para tomadas aéreas; entretanto, um drone tem como vantagem sua capacidade em captar melhores ângulos para fotos e filmagens, mantendo a câmera muito mais estável por mais tempo, o que facilita sobremaneira a produção de vídeo profissional. Portanto, quando se compara o emprego de helicópteros com drones para produções dessa natureza, os drones se sobressaem consideravelmente em termos da grande redução de custos e da maior qualidade proporcionada.

Segundo Borne (2014), a tecnologia dos drones costuma ser especialmente útil em resgates em áreas de difíceis acessos, tipicamente em locais de desastres, tais como por terremotos, *tsunamis*, alagamentos, desmoronamentos, desabamentos, incêndios e construções interditadas, pela grande versatilidade desses equipamentos em transmissão de imagens e sons em tempo real, o que contribui diretamente para a maior eficácia das ações de socorristas e equipes de resgate. Os drones também são usados como mecanismos de vigilância e segurança, com fins de monitoramento de pessoas, para evitar ataques, crimes ou contravenções, como vandalismo.

Na agricultura, os drones ajudam a identificar de maneira mais célere pragas, problemas no plantio, nível de saturação hídrica do solo e outras ocorrências corriqueiras nas lavouras. A facilidade proporcionada é grande, na medida em que grandes áreas cultivadas demandariam muito mais trabalho na forma convencional (muito mais cara) de tratar tais questões.

Nem todo drone é dotado de inteligência artificial própria. De fato, é muito recente o movimento de integração da tecnologia de inteligência artificial de alto nível aos robôs voadores. Por isso, a maioria dos drones convencionais depende completamente de um controle remoto (humano ou automatizado). Por outro lado, como relata Singh (2012, 2014), à medida que as tecnologias avançam, as novas gerações de drones vêm ganhando cada vez mais recursos de inteligência artificial, o que permite vislumbrar a possibilidade de, a seu devido tempo, robôs completamente autônomos, dotados de inteligência artificial de alto nível, serem também dispositivos voadores. Para o desempenho de voo, naturalmente, os materiais precisam ser leves, e isso também tem sido favorecido pelos avanços no campo da nanotecnologia² e ciência dos materiais. Em outras palavras, cada vez mais recursos de alta tecnologia conseguem ser integrados aos drones, sem que isso comprometa sua mobilidade aérea.

O dia 7 de dezembro de 2016 foi emblemático para a história dos drones. Naquela data, a gigante mundial do varejo Amazon realizou, ainda que de forma experimental, sua primeira entrega de produtos feita com drones, o que ganhou uma grande repercussão, incluindo pelo próprio CEO da empresa, Jeff Bezos, divulgando o fato em sua conta no Twitter. O primeiro lote de entrega que conseguiu ser transportado com sucesso dessa forma (aérea)

² Tecnologia que trabalha em escala nanométrica, usualmente aplicada à produção de circuitos e dispositivos eletrônicos com as dimensões de átomos ou moléculas.

até o consumidor tinha dois itens comprados. O primeiro foi um Amazon Fire TV, um aparelho de marca própria da companhia que transforma televisores convencionais em TVs inteligentes (*smart TVs*). O segundo item foi um pequeno saco de pipoca. O consumidor contemplado, um morador do condado de Cambridgeshire, na Inglaterra, não tinha sido avisado com antecedência: fez uma operação de compra normal pelo *site* e foi surpreendido pela novidade testada pela empresa.

O uso de drones no lugar de entregadores faz parte do inovador programa Amazon Prime Air³, que tem o objetivo de levar produtos até a casa de compradores em até 30 minutos após a efetivação da compra. Destaque-se que a primeira entrega, em uma situação real (não simulada previamente), conseguiu ser realizada em 13 minutos: recepção do pedido, confirmação do pagamento *on-line*, localização e retirada dos produtos do estoque, embalagem, carregamento no drone, voo e entrega no quintal da casa do comprador. No vídeo para divulgar a iniciativa, a Amazon mostra o drone decolando do centro de distribuição e pousando no quintal do cliente. Lá, é deixado o pacote com os itens comprados, com o drone retornando ao armazém. É interessante notar que as imagens mostram que a Amazon mudou o drone usado no serviço. Afinal, quando primeiramente apresentou o Prime Air, a empresa planejava que a aeronave a ser usada seria uma de arremesso, uma espécie de primeira versão de drones comerciais, com decolagem mais trabalhosa (precisavam ser lançados ao ar com o auxílio de um mecanismo similar a um estilingue). A primeira entrega, no entanto, foi feita por um quadricóptero: um drone com quatro hélices (helicóptero quadrotor) que é capaz de decolar sozinho. A Figura 1 ilustra a aparência de um quadricóptero.

Figura 1 – Drone tipo quadricóptero.



Fonte: coddyl/iStockphoto.

Os quadricópteros são os modelos mais difundidos, dada a grande proliferação de marcas e fabricantes no mercado consumidor do público em geral. Também existem drones de estruturas mais robustas, como hexacópteros e octocópteros, que possuem, respectivamente, seis e oito hélices. Como são bem mais caros, esses modelos são normalmente utilizados para fins profissionais, oferecendo maior estabilidade e capacidade de carga (volume e massa), inclusive dispondo de redundância de motores para maior segurança de voo.

³ Para mais informações, acesse: <<https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?node=8037720011>> e <<http://gizmodo.uol.com.br/amazon-teste-drone/>>. Acesso em: 31 out. 2017.

Outro modelo encontrado no mercado é dos drones com asa fixa, que, visualmente, são equipamentos com formato de avião, ou, mais precisamente, aeromodelos, em função de seu tamanho bem menor que um avião convencional. De custo elevado, esse tipo de drone costuma ser utilizado em aplicações mais específicas, como medição e monitoramento de grandes áreas, e normalmente dispõe de câmeras, sensores térmicos e infravermelhos.

Finalmente, na categoria voltada ao *hobby* e entretenimento, existe também uma ampla oferta de minidrones, de custo bastante acessível (na faixa de US\$ 30, com tendência ainda de diminuição de preço). Eles podem ser realmente diminutos, resultando em dispositivos extremamente portáteis, tal como ilustrado pela Figura 2.

Figura 2 – Minidrone.



Fonte: Sladic /iStockphoto.

5.2 Impressoras 3D

Melhor do que “impressora”, esse tipo de equipamento poderia também receber o nome de *centro de produção digital*, em função do que proporciona: a confecção de objetos tridimensionais com base em um arquivo-fonte digital. A tecnologia empregada se denomina *modelagem por acumulação*. A “impressão”, mais precisamente, é a produção do objeto físico por meio de lâminas (“fatias”) feitas com material especial, que, sobrepostas, fundem-se na criação de um objeto único.

A impressão 3D é uma das tecnologias de prototipagem rápida, por isso, tem emprego muito importante na indústria. A grande conveniência oferecida a projetistas é a possibilidade de, em um processo razoavelmente simples, realizar a impressão de partes e peças por meio de variados materiais, com diferentes propriedades físicas e mecânicas. As impressoras

3D mais avançadas conseguem prover com alta precisão a aparência e a funcionalidade desejadas para os protótipos dos produtos.

Para que seja possível a impressão de um objeto físico em três dimensões, o requisito básico é a prévia modelagem computacional, que resulta na disponibilidade de um arquivo-fonte que as impressoras 3D utilizam como referência. Os modelos para impressões 3D são criados por meio de *softwares* específicos para essa atividade (modelagem em 3D) ou uma digitalização em três dimensões (para que um arquivo seja criado por meio da leitura de um objeto físico original, permitindo, então, cloná-lo).

É comum que modelos para impressões 3D sejam criados por meio de uma aplicação CAD (*computer aided design*, ou desenho assistido por computador) ou de *scanner* 3D. O processo de modelagem manual dos dados geométricos preparado para computação gráfica 3D é semelhante ao processo adotado nas artes plásticas, como é o caso da escultura. Por sua vez, a digitalização 3D é um processo de análise e coleta de dados de objeto real, a sua forma e aparência, para construção de modelos tridimensionais digitais. Destaque-se que a criação manual de modelos de impressão 3D é razoavelmente complexa para o perfil de usuários comuns (que não possuam conhecimento avançado na área). Por esse motivo, nos últimos anos estão surgindo muitas empresas especializadas no mercado de impressão 3D.

Assim, uma vez que a modelagem tenha sido feita, o computador envia as instruções do arquivo-fonte para a impressora, que atua aquecendo a matéria-prima utilizada e começa a fabricar o modelo em uma pilha muito fina de camadas continuamente sobrepostas. Ou seja, para executar a impressão tridimensional, o dispositivo lê os comandos por meio de um arquivo digital (normalmente, o padrão é extensão STL), estabelecendo camadas sucessivas que podem ser de líquido, pó, papel ou folha de material para construir o objeto por meio de uma série consecutiva de seções transversais. Tais lâminas ou camadas, que correspondem às seções transversais virtuais a partir do modelo de CAD, são unidas automaticamente ou então fundidas para criar a forma final desejada. A principal vantagem dessa técnica, de criar objetos a partir de finas camadas sobrepostas, é a sua capacidade de criar virtualmente qualquer forma ou característica geométrica pretendida.

A tecnologia, em si, não é tão recente. Ela remonta à década de 1980, quando o norte-americano Chuck Hull testou suas primeiras máquinas baseadas em estereolitografia, que é a tecnologia precursora da impressão 3D. Ao longo dos anos, a tecnologia foi evoluindo para, de um lado, calibrar o insumo utilizado, que deveria ser maleável o suficiente para ser depositado em qualquer formato de lâminas ou camadas do objeto, e, de outro, secar o mais rapidamente possível após o depósito dessas camadas, para que não se perdesse a consistência do formato do objeto desejado.

Décadas depois, com todo o esforço para a estabilização e o aumento de qualidade da tecnologia, as impressoras 3D tornaram-se investimento financeiramente viável também para pequenas e médias empresas, o que acabou por levar a prototipagem da indústria pesada para ambientes de trabalho mais amplos, como destaca Fitzgerald (2013). Além disso, também se tornou possível trabalhar com o depósito de diferentes tipos de materiais. Dessa forma, a tecnologia acabou sendo absorvida em diversas indústrias bem distintas, como em arquitetura, joalheria, automotiva, calçados, *design* de produto, aeroespacial e medicina.

As inovações no campo de impressão 3D, de fato, têm se centrado no material utilizado para produzir os objetos. Como destaca Schwab (2016), se antes o polímero termoplástico básico permitia apenas a fabricação de objetos inertes, como ferramentas e estatuetas, os novos materiais têm permitido produzir praticamente de tudo – inclusive no campo biológico.

Tamanho poder de produzir qualquer objeto traz, certamente, suas controvérsias. Umas delas, que é uma das maiores polêmicas no que se refere às impressoras 3D, é a real possibilidade de se imprimir armas de fogo. Além de cópias perfeitas e réplicas funcionais de modelos comerciais já disponíveis, algumas pessoas estão desenvolvendo modelos próprios, projetados especialmente para serem impressos com essa tecnologia. É o caso do The Liberator⁴, projeto desenvolvido pelo norte-americano Cody Wilson, um ativista pelo direito de as pessoas portarem armas e que levantou polêmica ao anunciar sua intenção de divulgar gratuitamente na internet o modelo de armamento desenvolvido por ele. Assim, qualquer pessoa no mundo poderia fazer o *download* do arquivo e, com uma impressora 3D, produzir sua própria arma. Curiosamente, a legislação ainda não está preparada para lidar com esse tipo de situação. Nos EUA, país onde Wilson reside, a lei exige que armas de fogo precisam ser obrigatoriamente detectadas por detectores de metal. Dessa forma, para a legalidade, a arma desenvolvida por Wilson precisa ter acoplada uma peça de aço de pelo menos 170 gramas, para que, assim, possa ser detectada pelos aparelhos. Obviamente, boa parte da polêmica diz respeito ao uso criminoso ou terrorista de armas, situação em que, evidentemente, não interessa produzir dispositivos identificáveis em detectores de metal. Isso implica em gravíssimos problemas de segurança em ambientes como aeroportos e comícios políticos.

Diferente dos primeiros experimentos com impressoras 3D, já há muito é possível imprimir um objeto que tenha várias cores, o que aumenta substancialmente o valor dessa solução tecnológica para a indústria em geral. O método mais óbvio, que pode ser utilizado em qualquer modelo de equipamento, é a simples substituição do filamento plástico por outro de outra cor no decorrer da impressão. Contudo, esse método não garante os melhores resultados de acabamento. Para aplicações mais profissionais, existem impressoras com duas extrusoras distintas, permitindo a utilização de dois filamentos de cores diferentes na hora da produção, de forma automática. Mas são as impressoras que trabalham com o processo de sinterização a *laser* as mais eficientes nesse quesito. Como o equipamento é bem mais robusto, torna-se possível programar a impressora 3D para pintar automaticamente cada uma das camadas ou lâminas no momento de sua impressão, o que garante objetos com um acabamento excelente.

Singh (2012, 2014) observa que não existe limite para a complexidade dos objetos impressos. Afinal, como antes de iniciar a produção o *software* “fatiá” os objetos em milhares de distintas camadas bidimensionais, ocorre que, para o equipamento, não faz diferença imprimir um cubo ou uma miniatura funcional de um refrigerador. Afinal, da perspectiva geométrica, ao se observar cada camada, o que se constata é apenas a sucessiva disposição

⁴ Para mais informações, acesse: <<https://defdist.org/>> e <<https://oglobo.globo.com/sociedade/tecnologia/video-primeira-arma-feita-em-impressora-3d-testada-no-texas-8303333>>. Acesso em: 31 out. 2017.

de empilhamento ordenado. No que tange à complexidade dos objetos, naturalmente, a única diferença é o tempo da impressão 3D: quanto mais partes, mais demorado vai ser o processo. E, especialmente importante para as mais amplas aplicações industriais, convém frisar que o tamanho da impressão também não tem limites. Com equipamentos proporcionais ao nível de produção, evidentemente, é possível produzir desde diminutos objetos quase invisíveis a olho nu até grandes estruturas, como carros, casas e navios.

O nível de personalização de produtos que se ganha com impressoras 3D é o de mais alto grau, como aponta Singh (2012, 2014). Por exemplo: já há empresas que permitem que os usuários baixem um aplicativo no *smartphone*, fotografem as orelhas e encaminhem a informação para a fabricação de fones de ouvido com adaptação anatômica perfeita para cada usuário.

As impressoras 3D já são capazes de produzir comida. Por meio de tecnologia de gastronomia molecular, há empresas que criam impressoras que produzem alimentos, como frutas, bolos e chocolates.

Com diferentes materiais e escalas de equipamentos de produção, impressoras 3D têm produzido veículos, casas, roupas (e acessórios), instrumentos musicais, ferramentas de construção, entre uma virtual infinitude de possibilidade. Mas o que é realmente impressionante é o recente avanço que já possibilita imprimir órgãos humanos em uma impressora 3D, tecnologia que ainda precisa ser estabilizada para que tenha amplo alcance de clínicas e hospitais. O processo funciona de forma análoga à maneira que uma impressora 3D trabalha. A diferença está justamente na matéria-prima: em vez de um filamento plástico, trabalha-se com uma mistura de células-tronco com células de algum órgão específico, como um fígado, por exemplo. Cientistas da Universidade da Pensilvânia desenvolveram um sistema capaz de imprimir vasos sanguíneos⁵. A tecnologia empregada é bastante engenhosa: a impressora 3D cria “guias” com açúcar, que são estabilizados com um polímero especial. Na sequência, uma série de células é depositada sobre esses trilhos de açúcar, transformando os tubos em tecido vivo. Há ainda desafios a serem contornados, e um dos principais é a durabilidade das células: as células-tronco humanas dificilmente sobrevivem ao processo de impressão, devido a aspectos como a temperatura empregada. Mas alternativas são pesquisadas para resolver o problema. Uma vez que a tecnologia seja estabilizada, o impacto social será o maior possível, pois a fabricação de órgãos tem o potencial de salvar milhares de vidas que, no processo convencional, precisam lidar com filas de transplante.

Por fim, como evidência cabal da possibilidade de se produzir qualquer coisa, existem impressoras 3D capazes de criar... outras impressoras 3D! É o caso da impressora do fabricante italiano FABtotum e do brasileiro Betamaquina.

Websites como o Thingiverse⁶ atuam como repositórios *on-line*, de domínio público, oferecendo gratuitamente arquivos-fonte para a produção de incontáveis objetos diferentes, o

5 University of Pennsylvania: Rep Rap 3D Printing Blood Vessel Networks. Para mais informações, acesse: <<https://www.youtube.com/watch?v=9VHFlwJQIkE>>. Você pode usar os recursos automáticos de legenda e tradução do YouTube. Veja também: <<https://www.tecmundo.com.br/impressora-3d/39647-20-perguntas-e-respostas-sobre-impressoras-3d.htm>>. Acesso em: 31 out. 2017.

6 Para mais informações, acesse: <www.thingiverse.com>. Acesso em: 30 out. 2017.

que ajuda a disseminar fortemente a tecnologia de impressão 3D não só na indústria, mas também nos lares das pessoas. Com a contribuição de diversos voluntários em todo o mundo, o portfólio do site cresce continuamente.

Como apontam Fitzgerald (2013) e Schwab (2016), a impressão 3D é a tecnologia que certamente proporciona uma das maiores disruptões no campo logístico, fazendo com que os atuais centros de distribuição das empresas se tornem gradativamente centros de produção: mercadorias não precisarão mais de deslocamento pelos mais diversos modais (rodoviário, aéreo, ferroviário, marítimo etc.) entre fábrica e centrais de estoque. O único trânsito que passa a ser necessário é o eletrônico, de arquivos sendo enviados da matriz da empresa para pontos de venda em qualquer lugar do mundo. Nesses locais, as mercadorias serão fabricadas localmente com impressoras 3D. Por exemplo, os *shopping centers* tendem a se transformar em unidades descentralizadas de fabricação de produtos: itens como roupas, alimentos e eletrônicos podem ser ordenados pelo cliente no ato da compra e serem produzidos quase instantaneamente diante do comprador. Por isso, a tecnologia de impressão 3D contribui fortemente para a transformação digital da indústria e da sociedade.

5.3 Cibernética

O ramo da cibernética já é um tanto quanto antigo, remontando aos primeiros estudos realizados em 1942 por pesquisadores como o norte-americano Norbert Wiener e o mexicano Arturo Rosenblueth Stearns a respeito do controle e da comunicação em sistemas vivos e em sistemas artificiais. Trata-se de uma ciência muito importante para o desenvolvimento de diversas tecnologias, como a própria computação digital, ao endereçar questões de recursividade, informação e automação.

Por assim dizer, a cibernética é o campo que se ocupa de compreender os fluxos de informação que rodeiam um sistema (biológico ou artificial), incluindo a forma em que tal informação é usada pelo sistema como um valor que permite o **autocontrole**. Por isso, trata-se de uma ciência interdisciplinar: está intimamente ligada à Física tanto quanto ao estudo do cérebro humano, da Biologia e da Computação. Na prática, como descreve Carvalko (2012), a cibernética entrega ferramentas com as quais é possível descrever de maneira objetiva o comportamento de sistemas de qualquer natureza – desde micro a macroescalas.

Em especial na era da Quarta Revolução Industrial, uma aplicação da cibernética que ganha cada vez mais espaço em pesquisas e experimentos tecnológicos é a relativa aos **ciborgues** (aportuguesamento do termo original em inglês *cyborg – cybernetic organisms*, ou seja, organismos cibernéticos). Um ciborgue é, portanto, um organismo dotado de partes orgânicas e de partes cibernéticas combinadas, geralmente com a finalidade de melhorar as capacidades biológicas naturais com a utilização de tecnologia artificial.

Como lembra Carvalko (2012), esse conceito foi proposto pelo austríaco Manfred Clynes e pelo norte-americano Nathan S. Kline na década de 1960, ao se referirem a um ser humano “melhorado”, com capacidade tal que poderia até mesmo sobreviver no espaço sideral. Essa foi uma ideia que surgiu depois da reflexão sobre a necessidade de estabelecer a relação

mais íntima possível entre as pessoas e as máquinas, em uma época em que o tema da exploração espacial começava a ser amplamente debatido. Clynes era, até então, desenvolvedor de instrumentação fisiológica e de sistemas de processamento de dados e diretor científico do Laboratório de Simulação Dinâmica de Rockland State Hospital, em Nova Iorque. Ele trabalhou na proposta conceitual de ciborgues, escrevendo a introdução para o livro *Cyborg: evolution of the superman*, de Daniel Halacy Jr. (1965), no qual se fala a respeito de uma “nova fronteira”, que não seria meramente espacial, mas, de forma muito mais profunda, o relacionamento entre o “espaço interior” e o “espaço exterior”. Para Clynes, ciborgues seriam uma ponte entre a mente e a matéria.

Desde então, a concepção de ciborgues tem sido exaustivamente aprimorada, tanto no campo da ciência quanto na arte, afinal os ciborgues que costumam aparecer nas obras de ficção científica se apresentam como incríveis combinações de partes orgânicas e artificiais, servindo, em geral, de pretexto para comparações entre seres humanos e máquinas, o que conduz a reflexões sobre temas como moralidade, livre-arbítrio e felicidade. Esses ciborgues fictícios às vezes surgem com aparência mecânica (por exemplo, os *borgs* de *Star Trek*) ou quase idênticos aos seres humanos (como na história do Exterminador do Futuro). Com efeito, grande parte das obras a respeito da temática ciborgue trata da desconfiança e do desconforto crescentes da sociedade diante do inevitável e acelerado desenvolvimento tecnológico, em especial em situações como a guerra e como ameaça ao livre-arbítrio.

Embora a ficção inspire grandes dilemas frente ao assunto, que obviamente não merecem ser ignorados, o fato é que os ciborgues no mundo real têm sido destinados a aplicações nobres, como ao combate às deficiências físicas e mentais das pessoas. Por definição, qualquer pessoa que tenha um braço ou perna artificial, por exemplo, ou um implante coclear (ouvido biônico) ou um marcapasso cardíaco, poderia ser considerado um ciborgue. Isso significa que ser um ciborgue não compromete a essência de um ser humano como indivíduo, sua própria humanidade. É o caso do projeto de exoesqueletos⁷ do pesquisador brasileiro Miguel Nicolelis, que ficou bastante em evidência após o evento de abertura da Copa do Mundo Fifa 2014, quando um tetraplégico deu o chute inicial de inauguração do torneio com o uso dessa tecnologia.

O futuro reserva a tendência, evidentemente, de uma integração ainda maior entre homens e máquinas. Se o termo *máquina*, que denota uma conotação meramente física e mecânica, for substituído pelo conceito mais ampliado de *sistemas artificiais*, a tecnologia da informação passa a ser integralmente acolhida, com todo o merecimento, no campo da cibernética. Portanto, pode-se afirmar que ciborgue é toda pessoa que tem sua existência constituída pela tecnologia digital. É o hibridismo efetivo entre o ser humano e a máquina, a incorporação profunda das tecnologias em seus modos de vida. Como aponta Kurzweil (2005), enquanto os sistemas artificiais vêm se parecendo cada vez mais com os sistemas vivos, os organismos biológicos incorporaram cada vez mais dispositivos artificiais.

De fato, é em ambiente virtual que a “ciborguização” ganha um ainda mais amplo terreno, alterando definitivamente o modo de vida dos seres humanos. Afinal, existe uma

⁷ Saiba mais em: <<http://www.ebc.com.br/tecnologia/2016/03/pacientes-paralisados-voltam-contrair-musculos-com-exoesqueleto-diz-miguel>>. Acesso em: 30 out. 2017.

incorporação tão grande das tecnologias digitais nas ações do cotidiano que o resultado é a alteração na percepção sobre a existência e o agir no mundo. A vida *on-line* torna-se necessidade social básica, o que gera novos significados e acrescenta inúmeras possibilidades ao modo de vida *off-line*. Por exemplo, a instigante proposta de *mind upload*⁸ (transferência da consciência humana a um sistema informatizado) de Kurzweil (2005), que, sem dúvida alguma, seria a definitiva singularidade da história humana.

Ambições futuristas à parte, das mais ousadas às mais modestas, ocorre que, já há muito, as inúmeras possibilidades oferecidas pela tecnologia digital vêm potencializando a ação do ser humano sobre seu dia a dia. É importante destacar que os desenvolvimentos ciborgues não ocorrem em um mundo da imaginação ou alguma espécie de “universo paralelo”, mas sim na realidade do cotidiano da sociedade. Ações praticadas no ciberespaço afetam e compõem a vida das pessoas em todas as suas ações. Nesse sentido, deixam de haver barreiras entre o real e virtual. Na prática, começa a perder sentido estabelecer uma hierarquia entre *on-line* e *off-line*. Não é que o virtual complemente ou seja uma alternativa ao real: o virtual está ampliando o que é real.

Para alguns teóricos, não é o mero fato de uma pessoa usar, em seu dia a dia, algum determinado instrumento ou ferramenta artificial que a torna um ciborgue. Por exemplo, um par de óculos ou uma chave de fenda são objetos externos ao ser humano, que podem ser acessados e utilizados em situações práticas que se façam necessárias – mas, depois de sua utilização, voltando a ser “guardados” à parte, a pessoa que os utilizou continua sendo, na perspectiva biológica, a mesma pessoa. Um pouco diferente é a situação de objetos artificiais que são implantados biologicamente em uma pessoa, passando a integrar o sistema funcional daquele organismo permanentemente. Assim, até mesmo um dente artificial implantado em uma pessoa, ao lhe devolver ou melhorar a função associada (mastigação), poderia ser reconhecido como uma representação ciborgue. Entretanto, há que se reconhecer que dispositivos implantáveis inteligentes (que fazem parte do universo da Internet das Coisas⁹) proporcionam uma versatilidade incrível de aplicações, em que a transmissão digital de informações proporcionada por um órgão artificial tenha importância igual ou mesmo superior à própria função orgânica daquele dispositivo. Por exemplo, um fígado artificial inteligente (conectado), além de devolver à pessoa a função básica que o fígado desempenha no organismo, passa também a processar informações a respeito do estado de saúde do indivíduo, localização geográfica, monitoramento do efeito de medicações aplicadas, fluxo sanguíneo, entre tantas outras possibilidades, dessa forma alimentando bancos de dados virtuais que melhor potencializem as ações de medicina preventiva, de segurança e de outras necessidades humanas.

Sem dúvida a Medicina é um dos mais promissores campos para a tecnologia ciborgue. Conforme Mann e Niedzviecki (2001) e Kurzweil (2005), nesse contexto existem duas importantes e distintas aplicações ciborgues: a restauradora e a realçada.

⁸ Veja mais acessando: <<http://www.minduploading.org/>> e <<http://www.polbr.med.br/ano14/cpc0714.php>> e <<https://medium.com/tend%C3%Aancias-digitais/upload-de-mentes-c6ac881162a2>>. Acesso em: 31 out. 2017.

⁹ Ver Capítulo 4 (Internet das Coisas).

As tecnologias restauradoras existem para recuperar órgãos e membros que perderam ou tiveram suas funções abaladas. O aspecto fundamental dessa restauração fisiológica é a remediação de processos comprometidos ou faltantes para um nível saudável ou médio de desempenho. Tal tratamento não restabelece as faculdades originais de processos que foram lesados. É como uma mão ou braço que sejam implantados, que são razoavelmente funcionais, mas não em toda a plenitude quanto eram os membros originais.

Por sua vez, a tecnologia ciborgue realçada segue o princípio do desempenho excelente, ou seja, maximizar a saída (informações ou funções desempenhadas) e minimizar a entrada (a energia necessária para o processo). Assim, o ciborgue realçado almeja exceder processos normais ou até mesmo ganhar novas funções. Não por acaso, é essa categoria que costuma ser amplamente explorada nas produções de ficção científica, com enredos de “super-humanos” e seus “poderes” acima das capacidades humanas habituais. Embora remontem à ficção científica, há que se admitir que artefatos como olhos e ouvidos biônicos, com suas respectivas capacidades de extrapolar o alcance humano normal, por exemplo, não são restritos a cenários fantiosos: existem tecnologia (conhecimento) e necessidade (demanda) vitais à sua produção real.

É interessante observar que, ao contrário das próteses, que carregam o risco de lesionar ou limitar partes do corpo devido à sua integração por meio de um artefato mecânico, os implantes biônicos permitem que os órgãos ou as partes do corpo se aproximem de suas respectivas funções originais, interagindo em mais alto nível com o organismo, melhor harmonizando-se com ele.

Inevitavelmente, o desenvolvimento contínuo da biônica¹⁰ e da nanotecnologia induz a discussão a respeito das possibilidades futuras dos ciborgues e se, com seu aprimoramento e difusão, um dia o “modelo biológico” (o corpo humano propriamente dito) poderá ser superado, como vislumbra Kurzweil (2005). Por isso, a questão ética é muito debatida. Defensores das novas tecnologias costumam argumentar o fato de que essas tecnologias ajudam o ser humano a ter uma qualidade de vida melhor ao limitar as consequências do envelhecimento e das doenças e melhorando atributos como velocidade, memória, força, resistência e a própria inteligência. Opositores normalmente apontam para o perigo de uma “desumanização” desastrosa.

De fato, uma louvável aplicação ciborgue é a da interface cérebro-computador, que proporciona uma comunicação direta entre o cérebro e um dispositivo artificial por ele controlável. Com técnicas como a implantação de eletrodos diretamente na massa cerebral, consegue-se efeitos como restaurar a visão em olhos deficientes, condição decisiva para a sobrevivência de pessoas que sofram, por exemplo, de síndrome do encarceramento¹¹ (caso do famoso cientista Stephen Hawking).

Para Halacy Jr. (1965), a importância dos ciborgues é a de viabilizar “super-humanos” que consigam sobreviver em ambientes extraterrestres. Isso pode ser particularmente

10 Aplicação de conhecimentos da biologia na solução de problemas de engenharia.

11 Grave doença, por ora incurável, que, apesar de não comprometer as faculdades mentais, deixa a pessoa totalmente paralisada, à exceção dos movimentos oculares.

importante quando se chegar à época de uma próxima fase da exploração espacial, em que, por algum motivo, os seres humanos sejam demandados a povoar outros lugares além de seu berço natural na Terra. Com alguma pretensão adicional, Mann e Niedzviecki (2001), Kurzweil (2005) e Singh (2012, 2014) apostam que o primeiro ser humano imortal já nasceu: ele faz parte da atual geração dos habitantes do planeta, e seu feito será fundamentalmente obtido graças à integração das tecnologias ciborgue, Internet das Coisas, Inteligência Artificial e Medicina.

Por outro lado, se ainda predomina associar-se o termo *ciborgue* com indivíduos, normalmente se referindo a um homem ou uma mulher com implantes biônicos ou robóticos, mais recentemente tem surgido uma corrente que defende o conceito de *ciborgues sociais*, ou seja, aplicáveis a entidades que não são seres humanos individuais. Afinal, retomando o que estabelece a cibernetica, a expressão *organismo cibernético* é utilizada para descrever, essencialmente, redes de comunicação e controle em sistemas – e sistemas existem desde um nível subatômico na natureza até estruturas como galáxias ou elementos ainda maiores. Portanto, como sugerem Mann e Niedzviecki (2001), seria legítimo reconhecer possibilidades ciborgues em sistemas como cidades, malhas de estradas, redes de *software*, corporações, mercados e governos. Nessa perspectiva, uma organização poderia ser considerada uma inteligência artificial, que emprega uma combinação de componentes humanos e componentes artificiais para seu funcionamento. É instigante pensar na possibilidade de que uma cidade, por exemplo, decida por si própria (como um organismo inteligente) seu próprio destino, consultando seus cidadãos – mas não dependendo exclusivamente deles – para o processo de tomada de decisões.

Conclusão

Os artefatos tecnológicos não são apenas ferramentas, próteses ou extensões para os sentidos humanos. Eles acabam por modular as capacidades humanas em termos físicos, sensoriais e cognitivos, reconfigurando as fronteiras entre o real e o virtual e as formas de interação entre homens e máquinas.

O ciberespaço e a realidade virtual oferecem a possibilidade de experimentar fisicamente mundos materiais e mundos abstratos, espaços naturais e artificiais, ampliando o sentido de existência humana.

A tecnologia da informação proporciona também novas formas de intervenção e conhecimento do mundo. Ao produzir clones e seres híbridos, a biotecnologia e a engenharia genética permitem que o ser humano atue sobre os mecanismos da vida, algo até muito recentemente fora do alcance da Ciência. Questões como a criação de seres clonados e híbridos, que antes eram meros temas de ficção científica, tornam-se algumas das reflexões éticas, científicas e filosóficas mais relevantes na atualidade.

+ Ampliando seus conhecimentos

A pesquisadora Oliveira (2003), em seu artigo “Ficção científica: uma narrativa da subjetividade homem-máquina”, entende que as novas tecnologias de informação e comunicação mediadas pela computação desafiam as fronteiras modernas que definem o humano como sujeito natural, pensante e autônomo.

Ficção científica: uma narrativa da subjetividade homem-máquina

(OLIVEIRA, 2003, p. 177, 195)

Ao violar essas fronteiras, as novas tecnologias produzem seres híbridos e mundos possíveis, antes restritos às narrativas de ficção científica. Partindo das interrogações corno a ficção científica conquistou a atualidade e como o ser humano se tornou ciborgue, duas hipóteses complementares são desenvolvidas.

A primeira aposta que a ficção científica é uma narrativa que problematiza as fronteiras entre subjetividade, tecnociência e espaço-tempo como estratégia de interrogar o humano. A segunda hipótese crê que ao pôr em questão as fronteiras ontológicas e epistemológicas modernas, as novas tecnologias permitiram os hibridismos que atualizam o ciborgue como devir humano e elegem a ficção científica como ficção da atualidade.

[...]

Pode-se acolher ou rejeitar o devir ciborgue. O que não parece possível é se furtar de refletir sobre a relação homem-máquina hoje. O sonho é que o ciborgue seja um convite a novas experiências e à construção de pontos de vista subjetivos, em que o parentesco com animais e máquinas promova a potencialização da vida e amplie as possibilidades da aventura humana no mundo. O pesadelo é que todo o potencial tecnológico permaneça sob domínio dos países ricos e das megacorporações. Como o que está em jogo é a possibilidade de gestão coletiva das novas tecnologias e o estatuto do humano e do ser vivo, é preciso estar atento para que a reflexão sobre as experiências tornadas possíveis pelas novas tecnologias não se restrinja às pesquisas acadêmicas e às histórias de ficção científica. A narrativa sobre a aventura da humanidade não está concluída. As pessoas escreverão seus próximos capítulos.

Atividades

1. Qual a vantagem de drones em relação a helicópteros para trabalhos de fotografia e filmagem profissional?
2. Qual o motivo que leva a impressão 3D a revolucionar a logística industrial?
3. Qual a diferença entre as tecnologias ciborgues restauradoras e realçadas na medicina?
4. Por que o uso ocasional, ou mesmo frequente, de uma ferramenta ou de um instrumento não caracteriza uma aplicação *cyborg*?

Referências

- BORNE, T. Robotização: implicações políticas e securitárias do uso de drones na era digital. **Revista Conjuntura Austral**, v. 5, n. 23, 2014.
- CARVALKO, J. **The techno-human shell-a jump in the evolutionary gap**. Mechanicsburg, PA: Sunbury Press, 2012.
- FITZGERALD, M. With 3-D Printing, the shoe really fits. **MIT Sloan Management Review, Cambridge, MA**, May 15, 2013.
- HALACY JR., D. **Cyborg: evolution of the superman**. New York: Harper, 1965.
- KURZWEIL, R. **The singularity is near: when humans transcend biology**. London, UK: Penguin Books, 2005.
- MANN, S.; NIEDZVIECKI, H. **Cyborg**: digital destiny and human possibility in the age of the wearable computer. Toronto, ON: Doubleday Canada, 2001.
- OLIVEIRA, F. Ficção científica: uma narrativa da subjetividade homem-máquina. **Revista Contracampo**, n. 9, 2003.
- SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.
- SINGH, S. **New mega trends**: implications for our future lives. eBook Kindle. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2012.
- _____. **Top 20 global megatrends and their impact on business, cultures and society**. San Antonio: Frost & Sullivan, 2014.

Resolução

1. Um *drone* tem como vantagem sua capacidade em captar melhores ângulos para fotos e filmagens, mantendo a câmera muito mais estável por mais tempo, o que facilita sobremaneira a produção de vídeo profissional. Portanto, quando se compara o emprego de helicópteros em relação a *drones* para produções dessa natureza, os *drones* se sobressaem consideravelmente em termos da grande redução de custos e da maior qualidade proporcionada.

2. É a mudança do paradigma de ter que fabricar em um local, transportar para múltiplos locais diferentes, estocar e vender, para transmitir o arquivo digital referente aos produtos diretamente para o ponto de venda que interage com o consumidor-final – nesse caso, o ponto de venda se transforma também em uma unidade descentralizada de fabricação.
3. A restauradora procura recuperar uma função originalmente perdida (por exemplo, na amputação de um membro do corpo), embora o dispositivo artificial implantado possa igualar o desempenho do membro original. Por sua vez, a realçada procura expandir o desempenho original daquele membro ou órgão substituído, proporcionando uma capacidade sobre-humana.
4. Porque, para ficar caracterizado como ciborgue, um dos requisitos é a integração permanente do dispositivo artificial no organismo humano, como é o caso de implantes.

6

A TI dos novos negócios (1)

Muito se discute se as novas tecnologias, principalmente pelo grau de automação que proporcionam em todos os campos, mais criam ou mais destroem empregos. Não há dúvidas de que é uma equação difícil de definir, uma vez que há, sim, uma dinâmica de destruição de postos tradicionais, ao mesmo tempo em que surgem outros totalmente inéditos. Por outro lado, em curto prazo, não parece haver uma relação 1:1 entre empregos que se vão e outros que aparecem, e essa desproporcionalidade tem seu inevitável impacto social, ao menos em curto prazo.

No entanto, o que é indiscutível é que o empreendedorismo acaba sendo potencializado ao máximo com as novas tecnologias. O que a Indústria 4.0 cria é uma massiva proliferação de empreendedores de negócios inovadores em segmentos específicos, que são revolucionados com a integração de alta tecnologia. Alguns desses setores são as áreas jurídicas, publicitárias e ambientais.

6.1 LegalTech

O termo *LegalTech* (algumas vezes, *LawTech*), traduzido como Tecnologia Legal, representa o uso de novas tecnologias para a configuração de serviços e negócios inovadores na área jurídica. Conforme apontam Bues e Mattheai (2017), as empresas desse setor, em geral, são *startups* estabelecidas com vistas a inovar o mercado em que atuam, que é caracterizado por ser altamente conservador.

Ultimamente, tem ocorrido uma forte difusão de novas empresas nessa categoria, dadas as inúmeras oportunidades a serem exploradas. Afinal, um setor tradicional como o jurídico acaba sendo marcado pelo *deficit* tecnológico. Destaca-se que essas oportunidades se multiplicam principalmente pelo movimento de digitalização dos processos.

Na área jurídica, o emprego das novas tecnologias resulta em melhorias em gestão dos escritórios advocatícios, armazenamento e gerenciamento de documentos, faturamento e contabilidade. A transformação digital da atividade de advocacia impacta diretamente a sociedade: acaba-se por disponibilizar aos cidadãos acesso a sistemas *on-line* que reduzem ou até mesmo eliminam a necessidade de se consultar presencialmente um advogado. Os sistemas informatizados ajudam a conectar as pessoas com advogados e também os advogados a seus colegas de profissão.

Concordando com Bues e Mattheai (2017), é interessante observar que, justamente pelo conservadorismo que tão bem marca a atividade legal, o escritório de advocacia talvez seja o estabelecimento que menos mudou a experiência do cliente no último século. Nos demais negócios, em geral, há uma pressão mercadológica por se adotar novas tecnologias, até porque o fazer representa incorrer em custos que a concorrência não precisa manter ao trabalhar com processos internos mais produtivos. Portanto, é uma estratégia, no mínimo, de sobrevivência. No entanto, o típico escritório tradicional de advocacia não costumava ter uma sensibilidade tão grande aos custos, uma vez que, em seu modelo de negócio, as despesas são repassadas diretamente aos contratantes.

É preciso, ainda, reconhecer que grande parte dos advogados e gestores de escritórios de advocacia são avessos ao risco. É até compreensível: enquanto a inovação pressupõe assumir riscos, uma das principais atribuições de um advogado é identificar e mitigar riscos. Por assim dizer, faz parte da natureza dessa ocupação. Há quem critique que, principalmente no Brasil, as instituições de ensino em Direito não preparam adequadamente o profissional para o novo mercado de trabalho, sendo esse o motivo pelo qual poucos advogados entendem suficientemente de gestão, tecnologia e *marketing*. Para complicar ainda mais o cenário, como critica Fuhrmann (2016), a OAB (Ordem dos Advogados do Brasil) não possui regras claras e mais aderentes à nova realidade sobre publicidade nas atividades de advocacia, com seu temido e pouco compreendido Código de Ética da profissão inibindo um maior empreendedorismo inovador na área jurídica.

Como relatam Bues e Mattheai (2017), ocorre que, se não por iniciativa dos advogados, os próprios clientes atendidos tornam-se cada vez mais exigentes em relação à tecnologia empregada no serviço prestado. Afinal, uma pessoa que é cliente de um advogado também

é cliente de uma série de outros fornecedores de bens e serviços no mercado, e as conveniências oferecidas por um setor começam, de uma forma ou de outra, a influenciar a percepção de valor frente ao setor mais tradicional. Por exemplo, se uma pessoa valoriza a facilidade que uma série de empresas oferece em relação à trânsito de documentação digitalizada, procedimento muito prático e virtualmente sem custos, é desconfortável ter que fazer visitas presenciais a escritórios de advocacia e cartórios para recolher assinatura em papel, ter testemunhas para assinar contratos, reconhecer firma e, por fim, ter o valor de um contrato restrito ao meio físico (papel), não sendo aceito cópia digital.

Para Fuhrmann (2016), a tecnologia da informação, já incorporada culturalmente pelos clientes, faz com que estes, agora, questionem custos e burocracia desnecessários, colocando pressão sobre os advogados contratados. Por fim, contribui ainda a saturação do mercado, principalmente em grandes centros urbanos: são muitos advogados para poucos clientes, com alta competição entre os profissionais. Assim, entre os advogados com um pouco mais de visão empreendedora, começa a procura por maneiras inovadoras de competir, afinal, concorrer unicamente com base em atributo de preço leva à deterioração dessa atividade econômica. Enfim, como consequência, mesmo sendo um dos últimos setores a sofrer a onda de transformação digital, a Indústria 4.0 definitivamente já alcançou a área jurídica. E, assim, também nesse segmento, como aponta Schwab (2016), quem não aderir ao movimento tecnológico que se vivencia nos dias atuais fica rapidamente obsoleto – e sem mercado.

O que se vê é que, embora os investimentos em tecnologia legal sejam muito mais expressivos nos Estados Unidos, há um crescimento generalizado bastante significativo em todo o mundo, com razoável destaque das organizações jurídicas do Brasil. Por exemplo, para citar apenas um dos ecossistemas de inovação do país, há o San Pedro Valley, polo tecnológico de Belo Horizonte, em Minas Gerais, onde foram desenvolvidas as seguintes empresas inovadoras na área do Direito:

- Dubbio: plataforma para o cidadão tirar dúvidas de natureza jurídica, por consulta *on-line* a artigos e advogados.
- Meu Vade Mecum online: plataforma que faz a compilação e organização das leis em ambiente *on-line*.
- Juris Correspondente: plataforma que possibilita conexão dos advogados com colegas para diligências pelo país.

Mais recentemente, em 2017, foi criada a Associação Brasileira de Lawtechs e Legaltechs (AB2L), para congregar toda a comunidade de empreendedores e profissionais dessa área. Essa associação tem o intuito de organizar o setor de *lawtechs/legaltechs*, oferecendo representatividade aos associados em pautas comuns, negociando parcerias e questões específicas com órgãos e legisladores, dentre outras iniciativas.

Muita controvérsia ainda envolve as tecnologias inovadoras na área jurídica. Para alguns, ao diminuir trabalhos repetitivos e de pouco valor intelectual, essas ferramentas tecnológicas podem permitir que os advogados explorem o máximo de suas capacidades cognitivas. Para outros, por outro lado, existe o risco de que essa dinâmica possa diminuir a demanda por advogados.

Mas talvez nenhuma polêmica supere a criação do robô Ross¹, o “advogado-inteligência-artificial”, ou “robô-advogado”, projeto aplicado inicialmente no escritório norte-americano de advocacia Baker e Hostetler, uma das maiores empresas do segmento nos EUA. Ele opera como fonte virtualmente inesgotável de informações para as dezenas de advogados dos escritórios que já contrataram seus serviços.

O primeiro advogado em forma de inteligência artificial é, mais precisamente, uma aplicação da tecnologia Watson², a primeira supermáquina de computação cognitiva desenvolvida pela IBM. O Ross dispõe da mesma capacidade do Watson, sistema que consegue processar, em um único segundo, 500 gigabytes de dados, o que equivale a cerca de 1 milhão de livros. No escritório de advocacia, Ross atua, basicamente, como um supercolega que conhece tudo, sendo que os advogados podem fazer perguntas em linguagem natural, dialogando como fariam com outros advogados do escritório.

Ou seja, o sistema é a mais avançada fonte de consulta jurídica, atuando como uma verdadeira biblioteca virtual inteligente: adquire novos conhecimentos conforme eles surgem, contando com a vantagem de progressivamente aprender a se relacionar com os advogados ao longo do tempo. Assim, quanto mais experiente fica, melhora seu desempenho em fornecer respostas ainda mais próximas do que os advogados esperam.

Suas funcionalidades são realmente impressionantes. O robô-advogado pode facilmente arquivar toda a legislação vigente, jurisprudências, precedentes, citações e qualquer outra fonte de informação jurídica. Mais ainda, mantém contínua atualização de seu conteúdo 24 horas por dia, 7 dias por semana, ininterruptamente, alertando os advogados sobre qualquer informação nova que afete um caso em que eles estejam trabalhando.

Há quem diga que, de maneira geral, a revolução industrial tira o emprego dos trabalhadores humanos. No caso do Ross, seus entusiastas apostam que a máquina irá melhorar sobremaneira o trabalho dos advogados humanos, principalmente em termos de economia de tempo com pesquisas: como é sabido, os processos jurídicos envolvem um enorme e crescente corpo de literatura jurídica. É por isso que, tradicionalmente, preparar um caso envolve muitas horas de trabalho enfadonho, que pode ser automatizado pelo sistema artificial.

Justificando sua real inteligência artificial, como aponta Singh (2012, 2014), o computador cognitivo tem a capacidade de proceder inferências da literatura jurídica, de selecionar o que for mais relevante para um determinado caso, de formular hipóteses e de gerar respostas fundamentadas em citações e referências, exatamente como procede um gabinete profissional sênior na área – mas tudo isso em segundos. Dessa forma, os advogados humanos podem dedicar seu tempo a atividades de alto nível, o que envolve análise de detalhes mais complexos dos casos em que trabalham e da melhor interpretação da legislação que for mais relevante.

1 Para saber mais, acesse: <<http://www.rossintelligence.com>> e <<https://www.conjur.com.br/2016-mai-16/escritorio-advocacia-estreia-primeiro-robo-advogado-eua>>. Acesso em: 31 out. 2017.

2 Para saber mais, acesse: <<https://www.ibm.com/watson/br-pt/>>. Acesso em: 31 out. 2017.

Na sua fase de projeto-piloto, o Ross iniciou a incursão na área jurídica no segmento de falência de negócios. Seu sucesso foi tamanho que rapidamente começou a ser desenvolvido para todas as demais frentes do Direito, como as áreas tributária, trabalhista, criminal e de propriedade intelectual.

Por ora, esse sistema está mais restrito aos grandes escritórios jurídicos, dado o alto investimento financeiro imposto por seu custo de serviço. Contudo, como em qualquer outra tecnologia, quanto mais difundida for, maior é a tendência para que o custo caia vertiginosamente, tornando-se, um dia, acessível até aos pequenos escritórios de advocacia.

O sucesso do Ross no exterior influenciou, naturalmente, iniciativas empreendedoras jurídicas do Brasil. O destaque fica por conta do sistema Eli³, do desenvolvedor brasileiro Tikal Tech: é o primeiro robô-advogado nacional. A exemplo de seu primo norte-americano, destina-se a auxiliar os advogados com atividades como coleta de dados, organização de documentos, execução de cálculos, formatação de petições, acompanhamento de carteiras e rotina de processos, assessoria em colaborações, relatórios inteligentes e interpretação de decisões judiciais, sempre visando aumentar a produtividade dos colegas humanos.

Um dos destaques dessa tecnologia, conforme explica o CEO da Tikal Tech, Derek Oedenkoven (INFOMONEY, 2017), é que o sistema possibilita atender processos que normalmente seriam descartados por inviabilidade econômica, como, por exemplo, cobrança de taxas indevidas em conta de energia elétrica: tradicionalmente, os ganhos dos pequenos valores não fazem frente às despesas da mecânica processual, o que deixa de acontecer com o sistema inteligente automatizado. Na prática, isso significa que os escritórios de advocacia podem, inclusive, aumentar suas fontes de receita, trabalhando em processos que o modo convencional manual não gerava lucro.

Robôs-advogados à parte, muitas outras soluções criativas, baseadas na tecnologia da informação, também fazem parte do mercado *LegalTech*. É o caso da Sem Processo⁴, startup brasileira criada por um grupo de advogados, programadores e *designers*, com pretensão de revolucionar o setor jurídico, assim como o Uber e o Netflix fizeram nas suas respectivas áreas. O objetivo do serviço é viabilizar acordos rápidos (extrajudiciais) entre advogados e empresas, referentes a ações que envolvam Direito do Consumidor. O *modus operandi* inicia com o advogado que prepara a petição, porém, antes de proceder ao litígio, usa-se a plataforma digital. Na mesma plataforma, a outra parte envolvida (a empresa alvo da reclamação) analisa e decide se deseja negociar um acordo.

De fato, a celebração de um acordo antecipado, que evite judicialização, proporciona significativa redução de custos, além de atender de forma mais eficiente o consumidor. É uma solução que aproveita a tecnologia disponível, além de usufruir a decisão do Supremo Tribunal de Justiça (STJ) sobre acordos extrajudiciais não precisarem de homologação judicial.

3 Para saber mais, acesse: <<http://elibot.com.br>>. Acesso em: 31 out. 2017.

4 Acesse: <www.semprocesso.com.br>. Acesso em: 31 out. 2017.

6.2 AdTech

O termo *AdTech* é uma abreviação de *Advertising Technology*, traduzida por tecnologia em publicidade. Diz respeito, mais precisamente, ao emprego de todas as novas tecnologias, especialmente quando integradas com a tecnologia da informação, para os trabalhos envolvidos na produção e divulgação de anúncios publicitários.

Para O’Kane (2015), os fundamentos da tecnologia de anúncios podem ser divididos em dois princípios elementares. O primeiro é que a mídia (que divulga o anúncio: TV, folheto, revista, rádio, peça *on-line* etc.) precisa de *AdTech* para monetizar (gerar receita financeira). O segundo é que a *AdTech* não é capaz de sobreviver independentemente, na perspectiva financeira, sem a mídia.

Uma expressão comumente associada à *AdTech* é mídia programática. Esse é um mecanismo recente e cada vez mais utilizado, visando revolucionar a maneira como a publicidade acontece. O processo consiste, essencialmente, em publicidade decidida por computador, que estabelece qual anúncio deve ser exibido para qual determinado grupo ou perfil de pessoas. As mais famosas plataformas de mídia programática são o Google e o Facebook.

Pela automatização de compra de mídia, com o uso correto da ferramenta, é possível compreender o perfil dos consumidores e definir uma base de dados assertiva, ao determinar os consumidores adequados a um anúncio e todo o contexto em que essas pessoas estão inseridas. Portanto, a mídia programática funciona de maneira distinta da maioria dos *ads* (propagandas) exibidos em *websites* e portais: enquanto o *banner* do tipo convencional aparece para qualquer pessoa que acesse aquele *site*, ou seja, sem nenhum critério, a mídia programática trabalha com a segmentação para cada usuário.

Os bastidores da produção publicitária envolvem mais tecnologia do que o público consumidor normalmente imagina. Por exemplo, já há algum tempo trabalha-se, entre os publicitários, com um padrão de compra de mídia programática chamado de *RTB* (*Real Time Bidding*). Sua melhor tradução é um leilão em tempo real, justamente conforme costuma ser referenciado. Não pode, porém, ser confundido com a própria definição de mídia programática, porque esta diz respeito a um conceito bem mais amplo, conforme descrito anteriormente. O *RTB* é um sistema que faz com que, antes do anúncio ser impresso (apresentado) para um usuário, informações a respeito desse consumidor e da página ou *app* em que ele está posicionado no momento sejam enviadas para um *ad exchange* (uma plataforma de negociação de anúncios), em que os anunciantes fazem seus lances de compra em frações de segundo. Ou seja, a decisão sobre qual é a publicidade a ser mostrada ao usuário é realizada quase que instantaneamente ao seu acesso a um conteúdo *on-line*.

Assim como ocorre com o campo da publicidade como um todo, também o mecanismo da mídia programática possui seu jargão próprio. Estes são alguns dos termos técnicos normalmente empregados:

- *RTB*: sigla para *Real Time Bidding* (leilão em tempo real), referindo-se à compra e venda de impressões de anúncios *on-line* por meio de leilões em tempo real.

- *Ad Exchange*: plataforma de tecnologia que facilita a compra e venda de inventário de mídia *on-line*, intermediando *publishers* (editores) e DSP.
- *DSP*: sigla para *demand-side platform*. Essa é uma plataforma que existe para auxiliar o comprador, que define o perfil do usuário (gênero, idade, região geográfica, interesses etc.) e o valor que se pretende pagar por cada perfil determinado. A DSP trabalha conectada com a Ad Exchange, mostrando onde estão essas pessoas.
- *Ad Network*: é a empresa que funciona como ponte (intermediadora) entre *publishers* (editores) e anunciantes.
- *SSP*: sigla para *sell-side platform*. É a plataforma que auxilia o *publisher* (editor), colocando seu inventário em várias *Ad Networks* e *Ad Exchanges*. A plataforma visualiza todos os inventários em tempo real, conectando-se com várias praças do mercado e exibindo a mais interessante naquele momento.
- *DMP*: sigla para *data management platform*. Trata-se de uma central que agrupa dados e informações sobre páginas e sobre a audiência delas.
- *ATD*: sigla para *agency trending desks*. Diz respeito às empresas que fazem a compra da mídia. Elas possuem conhecimento sobre como realizar a compra e sobre as características de diversas DSP.

Contudo, não há como tratar de *AdTech* sem abordar uma ferramenta clássica, porém ainda profundamente importante para o mercado, que é o Google Adwords⁵: um dos carros-chefe da Google, a maior ferramenta de *links* patrocinados da internet. Quando introduzido no mercado, sua grande inovação foi o mecanismo de cobrança pelos anúncios, que é feita de acordo com os cliques (CPC – custo médio por clique). Isso movimentou o mercado, fazendo com que o sinônimo para se alcançar sucesso *on-line* (traduzido, na prática, em gerar receita) fossem os *links* patrocinados.

Portanto, o Adwords é a plataforma básica de publicidade do Google. Por meio desse serviço digital, os anúncios são exibidos em forma de *links* patrocinados quando alguém realiza uma busca, seja em computadores ou *smartphones*. Os anúncios são exibidos intercalados com os resultados de pesquisas, relacionados às palavras-chave usadas nessa busca. Por exemplo, um usuário pode procurar por “bicicleta infantil” no Google. Como resultado, serão mostrados primeiro os *links* patrocinados (associados aos termos pesquisados), e depois os resultados normais de busca. Convém destacar que os *links* patrocinados são identificados com uma pequena indicação escrita “Anúncio” ao lado do *link*.

A ideia, por si só, é realmente valiosa. Afinal, não há nada mais sensato do que exibir um anúncio relevante e que entrega o que as pessoas estão buscando, no momento exato em que elas estão pesquisando por algum produto ou serviço. Com o advento do Adwords, o Google definitivamente passava de um simples buscador de *sites*, como foi no início, para uma empresa estrondosamente lucrativa, com modelo de negócio amparado fundamentalmente em publicidade digital.

Além do *link* patrocinado convencional, existem também outros formatos de anúncios disponíveis no Adwords. Eles podem ser exibidos na forma de *banners* e vídeos, em áreas

5 Saiba mais em: <<https://www.google.com.br/adwords/>>. Acesso em: 31 out. 2017.

especiais e de visibilidade em diversos *sites* parceiros do Google. Destaque-se que essa ampla rede de *sites* parceiros inclui também o YouTube, a gigantesca plataforma de vídeos pertencente ao Google e que é, por si só, considerada o segundo maior buscador do mundo (atrás somente do próprio buscador original Google).

Como lembra O’Kane (2015), desde sua criação, o Adwords mantém-se como a principal fonte de receita do Google. O resultado financeiro do Google transmite um claro recado ao meio empresarial: nos dias atuais, é de vital importância se fazer presente (com publicidade) no local em que as pessoas realizam suas pesquisas.

A evolução da internet trouxe, evidentemente, impactos no Adwords. Ao longo do tempo, a ferramenta passou por diversas transformações, tanto em sua plataforma quanto na forma de exibição dos anúncios. Isso é uma resposta direta à própria evolução da internet, traduzida em novos modos de interação dos usuários.

Um caso bastante contundente é o uso dos *smartphones*. Esses aparelhos existem há relativamente pouco tempo, entretanto, já se tornaram uma categoria de bem pessoal indispensável. Com o aumento de sua utilização pela sociedade, cresceu também o número de pessoas que fazem buscas no Google com seus celulares.

O impacto do fenômeno dos dispositivos móveis na publicidade *on-line* foi direto e muito forte. No caso do Brasil, em meados de 2015, o número de *smartphones* ultrapassou a quantidade de computadores nas residências, em 2016, o consumo de internet por *smartphones* superou o de computadores. Como reporta Singh (2012, 2014), o que ocorre no Brasil é apenas um reflexo do que acontece, na mesma época, em todo o mundo.

Como reação a essa mudança de contexto, e levando em consideração também outras análises de comportamento e usabilidade ao longo dos últimos anos, o Google procedeu a uma série de alterações no Adwords, com o objetivo de acompanhar a evolução, o que, naturalmente, implicaria em manter a plataforma gerando ainda mais lucros para a empresa.

Algumas mudanças foram sutis, outras, bem mais radicais. Por exemplo, no início, o Google exibia três anúncios acima das primeiras posições orgânicas (resultados naturais de buscas), e até quatro anúncios na barra lateral, além dos anúncios ao final da página. Procurando deixar o visual mais agradável, os resultados de busca passaram então a apresentar um *layout* mais limpo, com até quatro anúncios acima dos resultados orgânicos. Além disso, a barra lateral deixou de ser utilizada.

Na prática, essas alterações acabaram aumentando a competitividade do leilão de palavras-chave, já que, a partir de então, os concorrentes precisam disputar com lances mais altos apenas as quatro melhores posições, a fim de terem os anúncios visualizados e clicados. Ou seja, menos poluição de anúncios, mas anúncios muito mais assertivos.

Uma das sutilezas de mudanças adotadas diz respeito à cor do indicador dos anúncios. Afinal, como já descrito, a fim de diferenciar os anúncios pagos dos resultados orgânicos, o Adwords mostra um pequeno indicador escrito “Anúncio”. Porém, antes, essa etiqueta era amarela, o que deixava muito mais evidente que o resultado da busca era uma oferta paga. A partir do momento em que ela se tornou verde, o resultado é que o anúncio fica ainda mais semelhante a um resultado de busca normal, o que é útil no caso da navegação dos

mais desatentos: certamente, isso conta pontos para o número de cliques que essas opções pagas recebem.

Outra diferença muito importante para atender ao fenômeno de mobilidade das pessoas é o *design* responsivo: as imagens se adaptam automaticamente, dependendo do equipamento que se utiliza para visualizá-las (telas de monitores, telas de celulares e telas de *tablets*). Não é necessário, portanto, produzir peças publicitárias com visual específico para cada dispositivo: cria-se apenas uma campanha, que se adapta automaticamente conforme o visualizador utilizado.

O Google, portanto, é um nome obrigatório ao se tratar de *AdTech*. Já está tão incorporado na cultura das pessoas, que espontaneamente se criaram até expressões idiomáticas para situações corriqueiras: no inglês, é o “*Google it!*”, como um verbo – o que no português também costuma ser empregado como o “dar um Google nisso...”

Mesmo assim, há muito mais de *AdTech* para além do Google. Um dos mais interessantes exemplos é o do marketing de proximidade, mais uma vez, como uma interessante resposta às mudanças que a transição do computador de mesa para o computador de mão trouxe na maneira que as marcas se comunicam com o público. Entre tantas novas mídias e novas tecnologias, essa tecnologia surge como um promissor canal para que as marcas entrem em contato direto com o seu público no momento mais pertinente possível.

A ideia do *marketing* de proximidade é bastante simples: a partir do momento em que a empresa sabe quais são os locais mais frequentados pelo seu público-alvo, facilita-se muito a compreensão de quais são as necessidades, os interesses e hábitos de consumo desse grupo de pessoas. Com o uso dessa tecnologia, torna-se possível entregar um anúncio no celular de um usuário que esteja próximo (fisicamente) ao ponto de venda de um cliente, além de mensurar quantas visitas físicas correspondem ao efeito de anúncio.

Existem duas principais tecnologias que permitem esse tipo de interação. A primeira dela envolve os *beacons*. Por meio da transmissão e recepção de sinais *bluetooth* (uma das formas de comunicação sem fio dos celulares com outros equipamentos informatizados), os *beacons* conseguem enviar mensagens para usuários de acordo com a localização deles dentro de um ambiente físico. Não se trata de uma invasão de privacidade: para ter acesso a esse conteúdo, o usuário precisa, primeiro, instalar o aplicativo do estabelecimento comercial com o qual ele deseja interagir. Obviamente, a grande limitação dessa tecnologia é que se torna impossível a interação com pessoas que estejam fora do local onde os *beacons* estão fisicamente instalados.

Por sua vez, a geolocalização, como tecnologia de localização *indoor*, uma vez que dispensa instalação de *hardware*, dispõe de possibilidades mais amplas. Além de se comunicar com um potencial comprador que esteja dentro de uma loja específica, a tecnologia permite também que as marcas se comuniquem com as pessoas que estejam em determinadas áreas de interesse, como é o caso, por exemplo, de estabelecimentos concorrentes. E isso é viabilizado pelo aproveitamento de três sinais transmitidos por qualquer *smartphone*: *wi-fi*, acelerômetro e campo magnético. Portanto, essa tecnologia permite que a campanha publicitária alcance o usuário em qualquer lugar, a qualquer momento.

6.3 CleanTech

As tecnologias voltadas à sustentabilidade ambiental ganham o nome de *CleanTech* (*Clean Technology*, ou tecnologia limpa). Pernick e Wilder (2007) lembram que um termo equivalente frequentemente utilizado é *GreenTech* (tecnologia verde).

Singh (2012, 2014) entende que se trata de uma tendência mundial, orientada à questão do impacto dos recursos tecnológicos, incluindo as novas tecnologias, no meio ambiente. Para Schwab (2016), seus princípios são o uso de recursos tecnológicos que demandem menos energia, o emprego de matéria-prima e substâncias menos tóxicas na fabricação dos produtos e, finalmente, esforços em minimizar impactos no descarte dos produtos, permitindo reciclagem e reutilização.

O fato é que a primeira década do novo milênio foi marcada pelo aumento da preocupação com os resíduos eletrônicos. Não sem razão, afinal, ao término do século anterior, ocorreria um substancial avanço no consumo. Inevitavelmente, no início dos anos 2000, aconteceriam os primeiros descartes mais volumosos (e cumulativos) de produtos eletrônicos. Mais uma vez, a tecnologia da informação está no cerne das demais novas tecnologias, também na perspectiva ambiental. Isso resultou em se cunhar também o termo *Green IT* (TI verde, ou tecnologia da informação verde).

A TI verde envolve, entre outros atributos, cumprimento da legislação ambiental e diagnósticos dos aspectos e impactos ambientais de atividades relacionadas aos processos industriais, seguindo e desenvolvendo controle, na forma de procedimentos e planos de ação, com vistas a eliminar ou ao menos diminuir a agressão ambiental.

Para Pernick e Wilder (2007), existem diversas frentes de atuação da tecnologia visando práticas ambientalmente sustentáveis. Uma delas é a redução de gases relacionados ao aquecimento global. Como se sabe, há uma grande contribuição do CO₂ (dióxido de carbono) no efeito de aquecimento generalizado do planeta, e a quantidade desse gás é proporcional à atividade industrial convencional. Várias são as consequências negativas desse fenômeno, entre elas, a provável subida do nível do mar, gerando desastres climáticos e comprometendo a biodiversidade da Terra.

O *SMART 2020 Report*⁶, do The Climate Group, é considerado o primeiro estudo global realmente abrangente da crescente importância da área TI para o clima global. Nele, aponta-se que alterar a forma com que as pessoas e as organizações usam a tecnologia da informação poderia reduzir as emissões causadas pelo ser humano em 15% até 2020, fornecendo economia de energia para empresas pelo mundo na ordem de 800 bilhões de dólares.

Como defendido por Singh (2012, 2014), o papel da TI nesse cenário inclui a redução de emissões e economia de energia não só na área da tecnologia da informação propriamente dita, mas também na transformação digital que permeia toda as atividades humanas, seja no trabalho, seja na vida em sociedade.

6 Para saber mais, acesse: <<https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/Smart2020Report.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2017.

Outro aspecto crítico de desempenho ambiental das tecnologias em geral é o consumo de energia. Com as empresas e pessoas utilizando cada vez mais processos digitais, há uma demanda crescente de infraestrutura computacional em todo o mundo, como identifica Schwab (2016). Então, criar e manter dados e fluxo de informações em rede faz com que seja necessária uma grande quantidade de servidores e *data centers*. Essa infraestrutura computacional mais robusta costuma ser responsabilizada pela maior demanda de energia elétrica em TI.

Diante desse quadro, existe um conjunto de boas práticas que contribuem para a redução do consumo de energia elétrica. Podem ser citadas ações como racionalização e virtualização de servidores, configuração para economia de energia nos computadores e servidores, ajuste do ar-condicionado e do fluxo de ar dentro dos *data centers*, aquisições de equipamentos com certificação ambiental, entre outros.

Os equipamentos de menor consumo (quando comparados aos pesados servidores) também não podem ser de todo ignorados quando ações de TI verde precisam ser planejadas. Convém pensar nas estações de trabalho, que, se individualmente consomem menos, para compensar podem existir em grande número nas grandes corporações, dando, portanto, o mesmo efeito que a energia consumida pelos servidores. Em algumas situações, é possível optar por computadores menos potentes e monitores que consomem menos energia, como *Thin Clients* (computadores de baixo custo, sem disco rígido, que processam informações diretamente no servidor).

O *hardware* tem sua importância na TI verde, com a seleção de materiais mais adequados. Os fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos podem fazer sua parte, optando por desenvolver produtos que, além de consumir menos energia, utilizem matéria-prima menos nociva ao meio ambiente e com maior chance de reaproveitamento no caso de descarte.

A logística reversa é uma estratégia importante, como lembram Pernick e Wilder (2007), principalmente entre distribuidores e varejistas, afinal, estes, que são responsáveis pelo contato direto com o consumidor, também são os primeiros responsáveis por receber os produtos descartados para a devida disposição final. Assim como são o elo entre fábrica e consumidor na logística normal, continuam sendo o elo entre consumidor e fábrica para que o produtor original receba os produtos sucateados, impedindo poluição ambiental por descarte inadequado.

No que diz respeito aos consumíveis típicos dos sistemas informatizados, tais como papel, cartuchos e baterias, eles também precisam ser controlados e racionalizados. É necessário priorizar a reciclagem e a reutilização desses materiais, bem como conhecer o destino correto ao fim da vida útil.

Por sinal, o descarte é um dos aspectos mais importantes de uma boa política de gestão ambiental. Trata-se de garantir a maneira correta de se desfazer de equipamentos, cuidando para que eles não sejam simplesmente jogados em aterros sanitários comuns, onde, em consequências das substâncias químicas contidas, como metais pesados e substâncias tóxicas, possa haver risco de contaminação do solo e da água.

Pernick e Wilder (2007) apontam que, para se implementar a TI verde, mais do que adotar poucas iniciativas pontuais, é necessário adotar uma visão holística sobre o impacto ambiental da tecnologia nas organizações. A TI verde permeia todos os processos organizacionais. Por exemplo, sua influência é clara no departamento de compras de uma empresa, em que processos pelos quais uma organização compra equipamentos, suprimentos e serviços devem dispor de procedimentos internos que levem em consideração o impacto ambiental de qualquer tipo de aquisição realizada pela empresa.

Observa-se, no entanto, que o bom desempenho ambiental não depende apenas da forma como são fabricados os equipamentos. Como um típico ambiente de trabalho costuma ser repleto de dispositivos eletrônicos, com computadores (*desktops* e *laptops*), impressoras e dispositivos móveis, a TI verde também proporciona sensibilização do **uso consciente** desses equipamentos, proporcionando que sua utilização seja feita de modo eficiente e consuma menos energia. Isso envolve medidas simples, como lembretes impressos para que os usuários desliguem as luzes de uma sala se forem deixá-la vazia, poupem projetores multimídia de ficarem ligados durante longo tempo de inatividade de apresentações, usem protetores de tela que açãoem poucos minutos após os computadores ficarem ociosos, entre outros.

Destaque-se, ainda, que a tecnologia favorece a cidadania corporativa, como aponta Schwab (2016). Afinal, a TI verde contribui também com uma melhor interação das organizações com as comunidades locais, regionais e globais. Assim, além da percepção de que os clientes preferem cada vez mais comprar de empresas com responsabilidade socioambiental, é observado um movimento de profissionais que também optam por dar preferência em trabalhar para empregadores que se preocupam com o meio ambiente.

Para Pernick e Wilder (2007), há uma ampla lista de boas práticas de TI verde que estão ao alcance de praticamente qualquer organização. Algumas dessas boas práticas são:

- *E-Invoicing* e *E-Billing*, de tal forma que as transações entre empresas, como faturamento e pagamento, sejam feitas de forma totalmente eletrônica, não utilizando nenhum documento impresso ou deslocamento físico entre as partes envolvidas.
- Serviços *on-line*, reduzindo deslocamentos dos clientes, como lojas virtuais, atendimento por WhatsApp, videoconferência por Skype, entre outros.
- Intranet, para centralizar o fluxo de informações dos processos internos, reduzindo o uso de papel e impressões, aumentando ainda a eficiência organizacional das atividades administrativas, com maior controle e organização de informações.
- *Softwares* de gestão centralizados, com banco de dados único e informações acessíveis a todos, com facilidade, velocidade e segurança.

De fato, a adoção de tais boas práticas de TI verde tem um efeito bastante interessante: não apenas contribuem para um melhor desempenho ambiental das organizações, como também criam valor a todas as partes envolvidas, na forma de conveniências muito apreciadas por clientes, funcionários, acionistas e fornecedores, entre outros. Por exemplo, quem é que gosta de enfrentar fila em banco para um procedimento banal como abrir uma conta corrente? As atuais instituições bancárias que permitem que todo o procedimento de abertura de conta seja feita por um *app* de celular não apenas evitam no aborrecimento do cliente

com burocracias dispensáveis, mas trazem ganhos ambientais: não se emitem documentos em papel (o que preserva árvores); não há deslocamentos desnecessários a agências bancárias (menor dispêndio de combustível de carros e ônibus, o que diminui a poluição do ar); diminui-se o fluxo de pessoas em agências bancárias, entre clientes e funcionários (gastando menos água, o que preserva mananciais); entre outros. Aliás, bancos e outras instituições (planos de saúde, academias, escolas etc.) que substituem cartões físicos (de plástico) por cartões virtuais (digitais, em *apps*), além de proporcionar conforto e agilidade digital a seus clientes, também diminuem a pressão ambiental pelo menor trânsito de itens físicos. De fato, diminuir a burocracia e evitar manipulação de itens físicos (papel, objetos etc.), com a digitalização dos processos, sempre associará ganhos ambientais com maior eficácia das operações, e isso é constatado nas mais diversas situações, como bibliotecas virtuais para alunos de uma escola, locação de imóveis por curta temporada em sistemas como o AirBnb, editoras que podem trabalhar com autores em qualquer parte do mundo por contratos puramente digitais etc.

Por fim, como é muito comum a terceirização de atividades acessórias de uma empresa, para que esta concentre esforços na competência principal do negócio, uma prática que se adota cada vez mais é a seleção de fornecedores de bens e serviços (inclusive de TI) com base em critérios que incluem o desempenho ambiental. Como descreve Schwab (2016), isso acaba por gerar um círculo virtuoso, em que uma organização que adota TI verde passa a influenciar decisivamente outras empresas a também fazê-lo, começando com seus fornecedores diretos e atingindo toda a cadeia produtiva do negócio.

Conclusão

Novas tecnologias redefinem negócios já estabelecidos e proporcionam, em especial, um novo oxigênio ao empreendedorismo de alto impacto, viabilizando a criação de novos negócios que explorem o “estado da arte tecnológico”, situações nas quais se enquadram frentes como a *LegalTech*, *AdTech* e *CleanTech*.

Esse maior empreendedorismo significa, enfim, que o mundo vai ganhando mais opções para se atenderem suas demandas e necessidades, o que é papel essencial da tecnologia: conhecimento aplicado para resolver problemas práticos.

Ampliando seus conhecimentos

Para Zen e Fracasso (2008), no paradigma da tecnologia da informação, o empreendedorismo ganha duas novas dimensões. Elas surgem como o empreendedor coletivo e o empreendedor social.

Quem é o empreendedor? As implicações de três revoluções tecnológicas na construção do termo *empreendedor*

(ZEN, FRACASSO, 2008, p. 149)

[...]

Apesar dos avanços tecnológicos decorrentes das últimas revoluções industriais, constata-se, não obstante, um aumento da exclusão social e tecnológica de grande parte da população. Desse modo, verifica-se a emergência do empreendedor social – preocupado com as demandas sociais não satisfeitas pelo poder público, ou mesmo por empresas capitalistas. Além disso, crescem também os empreendimentos coletivos (como cooperativas, por exemplo), como forma de reduzir os custos e compartilhar os riscos no desenvolvimento de um novo negócio. Essas duas acepções do termo empreendedorismo podem estar associadas à ampliação das desigualdades sociais e tecnológicas, uma vez que grande parte da população permanece à margem do paradigma vigente.

Atividades

1. Qual o valor criado pelos negócios *LegalTech*?
2. Qual a vantagem da *AdTech* geolocalização em relação aos *beacons*?
3. Qual a importância de se manter um portal corporativo interno (intranet) como prática de tecnologia limpa?
4. Como uma organização que adote o TI verde pode influenciar a difusão dessa tecnologia por toda sua cadeia produtiva?

Referências

- CASTELLS, M. *The rise of the network society, the information age: economy, society and culture*. 2. ed. Hoboken, NJ: Blackwell, 2009.
- HEATH, S. *Embedded systems design*. 2. ed. Oxford, UK: Newnes, 2002.
- POSLAD, S. *Ubiquitous computing: smart devices, smart environments and smart interaction*. Hoboken, NJ: Wiley, 2009.
- SCHWAB, K. *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.

SINGH, S. **New mega trends:** implications for our future lives. eBook Kindle. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2012.

_____. **Top 20 global megatrends and their impact on business, cultures and society.** San Antonio: Frost & Sullivan, 2014.

URRIZA, J. et al. Economia de energia em dispositivos móveis. In: **WORKSHOP DE COMUNICAÇÃO SEM FIO E COMPUTAÇÃO MÓVEL**, 6., 2004, Fortaleza (CE). **Anais...** Fortaleza, 2004. p. 48-56.

WEISER, M. The computer for the 21st century. **Mobile Computing and Communications Review**, v. 3, n. 3, p. 3-11, 1999.

Resolução

1. Digitalização de processos, redução de custo, maior celeridade processual, maior assertividade. Enfim, acesso mais facilitado à Justiça.
2. Com o aproveitamento de três sinais transmitidos por qualquer *smartphone* (*wi-fi*, acelerômetro e campo magnético), a geolocalização permite que a campanha publicitária alcance o público-alvo em qualquer lugar, a qualquer momento, diferente dos *beacons*, que possuem forte limitação de alcance físico.
3. Empresas que dispõem de uma intranet concentram o fluxo dos processos internos por esse canal digital, eliminando impressões e documentação em papel, o que é uma prática ambientalmente adequada.
4. Normalmente, essas empresas acabam por priorizar fornecedores que também adotem práticas de tecnologias limpas. Assim, com diversas empresas influenciando fornecedores a praticar o TI verde, gradativamente cobre-se toda a cadeia produtiva de uma determinada atividade econômica.

A TI dos novos negócios (2)

Neste capítulo, foram selecionados, para maior aprofundamento, determinados campos de aplicação de novas tecnologias que possibilitaram e continuarão possibilitando novos negócios de alto impacto, de magnitude tão expressiva quanto os já descritos *LegalTech*, *AdTech* e *CleanTech*.

Tratam-se de tecnologias inovadoras nas áreas das finanças, da medicina e da educação, com papel protagonista no atual movimento de transformação digital da indústria e da sociedade. Destaca-se, mais uma vez, o papel central da tecnologia da informação nesse contexto, que possibilita a integração e a convergência das demais novas tecnologias em um ambiente cada vez mais digital.

7.1 FinTech

O termo *FinTech* vem de *Financial Technologies*, ou seja, tecnologias financeiras. Diz respeito, de maneira mais ampla, a todas as novas tecnologias e inovações que visam a competir com os tradicionais serviços financeiros estabelecidos – ou reinventá-los.

Algumas plataformas parecem ser fundamentais para a proliferação de novidades tecnológicas no mundo financeiro: entre elas, os *smartphones* e os respectivos *apps*, capitaneando a transformação digital vivida pelo setor.

Muitas são as conveniências dos novos empreendimentos na área de *FinTech*. Por exemplo, no Brasil, destaca-se o Nubank, cartão de crédito operado totalmente por aplicativo de celular, sem trânsito de documentação em papel. A empresa se diferencia, ainda, por poder oferecer um custo de manutenção muito mais competitivo que os concorrentes tradicionais, justamente porque consegue repassar ao consumidor toda a economia proporcionada ao abrir mão da estrutura física convencional (agências bancárias, documentos em papel etc.).

No que se refere à *FinTech*, entretanto, nada parece ser mais disruptivo que a tecnologia das criptomoedas, como a mais famosa delas, o *bitcoin*. O *bitcoin* é a viabilização da tecnologia de dinheiro digital – um conceito já um tanto antigo, mas que até então não conseguia ser aplicado na prática pelo problema do gasto duplo. Afinal, com o dinheiro físico, só se pode utilizar uma cédula ou moeda uma única vez em uma transação. Contudo, como impedir que um crédito digital não seja prometido a mais de uma pessoa?

Quando se compra um produto qualquer, com um cartão de débito convencional, por exemplo, as instâncias envolvidas são bancos, operadoras de cartão e vários outros intermediários, que garantem que a conta de origem realmente tenha o saldo necessário para cobrir a operação – e, principalmente, para assegurar que o valor seja gasto apenas com um determinado estabelecimento comercial e com um único produto.

Como explica Popper (2016), é necessário, portanto, a existência de uma autoridade central, com poder de decidir se uma operação financeira é válida ou não. Essa autoridade pode ser constituída por bancos, governos, cartórios, contadores e afins, que deduzem o gasto dessa validação da compra. Ou seja, quando se faz uma compra com cartão, é necessário pagar, efetivamente, mais do que o custo daquele produto, para que se tenha a validação feita por um mediador.

E isso era a regra básica do sistema financeiro, até que o enigmático Satoshi Nakamoto (2008) – provavelmente um pseudônimo para o pesquisador que preferiu manter completo anonimato – propôs, em seu seminal artigo “*Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system*” (sistema de dinheiro eletrônico par a par), a descrição detalhada da solução tecnológica. Trata-se de unir várias ideias na forma de programas que trabalham em rede, funcionando como carteiras digitais, em que elas guardam e criptografam cada transação financeira que é feita com *bitcoins*, registrando data, partes envolvidas (de quem para quem) e valores transacionados.

Popper (2016) explica que o *bitcoin* foi a primeira criptomoeda da história, em que a própria rede valida as transações, para garantir que não ocorra o gasto duplo. A aura de mistério que ronda o criador da tecnologia é pelo fato de que, após seu artigo, Nakamoto

foi passando pouco a pouco a outras pessoas (muitas igualmente anônimas) o desenvolvimento do sistema, até que desapareceu definitivamente: nunca mais se ouviu nada a seu respeito. Provavelmente todo esse anonimato se deve a um bom motivo: o saldo de 1 milhão de *bitcoins* que o grupo guardou no início do projeto atingiu, em agosto de 2017, o valor de mercado de mais de US\$ 4 bilhões.

Como uma moeda virtual pode valer tanto? Para Popper (2016), prevalece, nesse caso, um princípio dos mercados financeiros: algo tem o valor que o mercado dá a ele. Por trás das moedas convencionais, costumava existir um lastro dado pelos governos, que determinavam o quanto elas deveriam valer. O dólar americano, por exemplo, era garantido pelo ouro que o Tesouro Nacional dos EUA possuía: cada nota de dólar podia ser trocada pelo valor equivalente em ouro. Isso limitou a quantidade de dinheiro em circulação e passou a ser um problema à medida que o dólar começou a ser utilizado internacionalmente, depois da Segunda Guerra Mundial.

Em 1971, o então presidente norte-americano Richard Nixon acabou com o padrão do ouro e transformou o dólar em moeda *fiat* (ou fiduciária): uma moeda que não tem valor garantido e depende da confiança que as pessoas têm nela. De todo modo, tudo é convenção: mesmo o ouro, que era usado como lastro, tem um valor imaginário, ou seja, ele tem o valor que as pessoas acham que ele tem.

O mesmo mecanismo ocorre com o *bitcoin*: o valor que ele tem depende de quanto as pessoas estão dispostas a usá-lo. Durante seu primeiro ano, em 2009, o valor de um *bitcoin* foi praticamente nulo, equivalendo a US\$ 0,07. Em 2017, um *bitcoin* valia quase US\$ 5 mil – e a tendência parece ser ainda de forte alta para os próximos anos. Para Popper (2016), no começo, o apelo do *bitcoin* era muito mais ideológico do que prático. A noção de uma moeda que nenhum órgão central controla foi suficiente para atrair libertários e afins no começo de sua utilização.

Inevitavelmente, a moeda digital é envolta em algumas controvérsias. O primeiro emprego em larga escala dos *bitcoins* foi em atividades ilícitas. Como descreve Popper (2016), como não tem intermediários, e nenhum banco controla o quanto cada um carrega em sua carteira virtual, nem de onde vem e para onde vai o dinheiro, o *bitcoin* ficou primeiramente famoso pelo uso no mercado *on-line* clandestino *Silk Road*, da *Deep Web*, onde se praticava comércio de drogas e tráfico de armas. O fato é que essa procura foi a principal responsável pela primeira grande disparada exponencial na cotação da moeda.

No início de 2014, quando a moeda atingia um pico de valor inédito, um grave problema ocorreu na MtGox, que era a maior casa de câmbio de *bitcoins* até então. Na ocasião, descobriu-se que cerca de 650 mil *bitcoins* de clientes haviam sido roubados. O abalo na credibilidade derrubou de tal maneira a cotação do *bitcoin* que levou anos (até 2017) para que se recuperasse o valor atingido. Nesse mesmo ano de 2017, mais uma disparada da cotação da moeda, como citado, a elevaria a um valor próximo aos US\$ 5 mil, até o momento em que órgãos reguladores na China começaram a restringir o uso da moeda naquele país, o que levaria a uma nova perturbação momentânea na cotação, insuficiente, no entanto, para reverter a forte alta no mercado. A Figura 1 apresenta a série histórica de valor de mercado do *bitcoin*.

Figura 1 – Valor do *bitcoin* em dólares americanos (2009–2017).



Fonte: BLOCKCHAIN, 2017.

Essa valorização do *bitcoin* geralmente acontece quando pessoas de um país que enfrenta problemas de câmbio compram essa moeda como forma de salvar dinheiro. Foi o caso, por exemplo, de uma expressiva alta da moeda digital no fim de 2016 e no início de 2017, com um movimento muito forte de compra pelos cidadãos do Japão, em época de alto risco de conflito bélico com a Coreia do Norte.

Isso é motivado, como descrevem Singh (2012, 2014) e Popper (2016), pelo fato de que o *bitcoin* (e outras criptomoedas) podem fazer muita coisa que o dinheiro convencional não consegue. Por precisar apenas de acesso à internet para fazer transações, o *bitcoin* tem o potencial de atender às inúmeras pessoas no mundo que não têm acesso a sistema bancário, por falta de interesse econômico dos bancos em atendê-las ou até mesmo pela falta de segurança. Como a moeda não é centralizada, ela não pode ser confiscada – como aconteceu, por exemplo, com as contas-poupança no Brasil no início da década de 1990. Isso proporciona uma alternativa em países que controlam a entrada de dólares ou forçam o câmbio desfavorável (caso da Argentina e da Venezuela).

Apesar do grande sucesso em sua difusão mundial, o *bitcoin* ainda é uma tecnologia experimental, sujeita a grandes oscilações. Isso significa que, em um curto período de tempo, um investidor pode ganhar muito dinheiro – ou perder uma enorme fortuna. Por isso, é considerada uma operação financeira de alto risco. Isso explica o fato de que a maioria das pessoas que compra esse dinheiro eletrônico ainda o faz como um meio de poupança, e não para efetivamente usá-la como moeda de troca em transações convencionais de compra e venda – e é esse segundo quadro o panorama para o qual a moeda digital foi originalmente concebida. Popper (2016) relata o caso de uma pessoa que tentou comercializar 10 mil *bitcoins* em 2010 por US\$ 50 e não obteve êxito, pelo pouco valor comercial e baixa credibilidade da moeda virtual até então. O fato é que esses 10 mil *bitcoins*, em 2017, alcançavam cerca de US\$ 40 milhões de valor no mercado.

Pode-se dizer que o *bitcoin* e as demais criptomoedas que começaram a proliferar no mercado (como *altcoins*, *litecoins*, *ethereum*, *ripple*, *monero*, *dash*, entre outras) são uma *FinTech* criada com base na plataforma de outra *FinTech*, nesse caso, o *blockchain*.

O *blockchain* é, essencialmente, a grande inovação proposta por Nakamoto (2008), como mecanismo de tecnologia digital que permite controlar o gasto duplo das moedas virtuais. O fundamento da tecnologia é criptografar todas as transações em todos os computadores que fazem parte da rede *bitcoin*. Por exemplo, se um usuário A manda um valor em *bitcoins*

de sua carteira digital para a carteira digital do usuário B, são utilizadas duas chaves para criptografar essa operação: uma chave pública, que identifica a carteira original, e uma chave privada, que assina essa transação. Isso dá segurança às pessoas para mostrarem o endereço digital de sua carteira sem nenhum risco. A chave pública serve para comprovar que uma carteira existe e para listar todas as transações das quais aquela carteira já participou. Mas é possível extrair *bitcoins* delas com o uso da chave privada. As duas chaves são usadas para criptografar a informação em um bloco de texto, chamado *hash*, com todas as negociações já feitas (a *blockchain*), que é transmitida para todas as carteiras digitais dos computadores da rede. Tais computadores são conhecidos como *nós*, fazendo cálculos matemáticos, empregados para garantir que uma determinada transação seja válida e que um determinado valor de *bitcoin* não tenha sido utilizado mais de uma vez (o gasto duplo). O mecanismo é de plena segurança, devido à alta redundância do sistema: no mínimo seis nós são requisitados para conferir e validar uma transação.

Quando uma transação é considerada válida, ela é adicionada ao *blockchain* e é propagada pela rede para ficar armazenada em todos os computadores participantes. Caso alguém queira fraudar uma troca ou falsificar um *bitcoin*, seria necessário alterar todos os registros de metade da rede, e forjar as contas que validaram todos os blocos adicionados depois da transação. Na prática, então, para alguém conseguir falsificar uma transação no *blockchain*, precisaria ter mais poder de computação que pelo menos metade dos outros nós, acarretando, pois, em uma blindagem perfeita. Afinal, caso isso não ocorra, os outros nós checam, não validam a transação falsa e ela não é incorporada no *blockchain*. Então é a própria rede que garante a autenticidade de cada operação, dispensando, com isso, o papel de uma autoridade central.

Para garantir o incentivo para as pessoas que dedicam seus computadores (incluindo gasto de energia elétrica) para manter as carteiras digitais, Satoshi (2008) programou uma comissão pelas transações. Além disso, o *blockchain* do *bitcoin* é programado para liberar moedas para os computadores que estão fazendo as contas. Por isso, esses computadores são chamados de *mineradores*. Quanto mais contas um computador faz, mais chances ele tem de ganhar o próximo bloco sorteado. Satoshi (2008) programou o *blockchain* para gerar blocos de *bitcoins* a cada 10 minutos, em quantidades decrescentes: começou com 50 *bitcoins* em 2009, passando para 25 algum tempo depois, atingindo 12,5 (posição de 2017), até que se chegue à quantidade de 21 milhões de *bitcoins* gerados, momento a partir do qual eles deixam de ser criados.

Isso significa que há um número finito de *bitcoins*, não sendo possível alguém gerar nova moeda para inflacionar o mercado (como os governos costumam fazer com as moedas convencionais). Para garantir que um bloco seja minerado a cada 10 minutos, quanto mais computadores são adicionados na rede, mais complexas ficam as contas para gerar cada moeda. Para se ter uma noção, um computador doméstico podia gerar 50 *bitcoins* em 2009. Mas, cada vez que o valor do *bitcoin* subiu, maior foi a recompensa para dedicar computação para minerar mais, e mais computadores foram adicionados à rede. Chegou-se ao ponto em que a indústria passou a criar processadores específicos, os *ASIC*, dedicados exclusivamente para minerar *bitcoins*. Com eles, o poder computacional do *blockchain* de *bitcoins* subiu

exponencialmente. E, quanto mais computadores, mais robusta a rede fica, porque fica mais difícil para um grupo só conseguir dominar mais da metade dos computadores (condição que seria necessária para fraudar o sistema).

Mesmo assim, como analisa Popper (2016), boa parte do poder computacional do *block-chain* acaba sendo parcialmente desperdiçado: muitas outras transações poderiam ser feitas pelo sistema, mas ele preza mais pela grande redundância, a fim de garantir a inquestionabilidade de sua segurança. Convém destacar que todos os casos envolvendo fraudes com *bitcoins* nunca ocorreram no *blockchain*, mas sim nas instâncias intermediárias, com as casas de câmbio digital, quem têm menor estrutura de segurança contra os ataques de *crackers* (*hacker* criminosos) de alto nível.

Por fim, é interessante observar que a *FinTech blockchain* não fica restrita a operações financeiras, como foi de fato sua primeira utilização: como se trata de um sistema de protocolo de confiança digital, com base em fluxo de informações monitorável publicamente, a tecnologia promete revolucionar muitos outros setores, como, por exemplo, loterias (como Megasena e Quina), cartórios, contabilidade, entre diversas outras aplicações.

7.2 EdTech

O início do século XXI é um momento ímpar para a educação. Afinal, como destaca Schwab (2016), neste momento mais pessoas estão sendo educadas do que em toda a história da humanidade combinada. Já são mais de 7 bilhões de pessoas vivendo no planeta – e com fortes projeções de que, até o ano de 2100, o mundo ultrapasse 11 bilhões de habitantes. É nesse contexto que emergem as novas tecnologias voltadas à educação (ou *EdTech* – *Educational Technologies*), que visam a dar uma nova resposta de efetividade a esse contingente adicional de pessoas, como analisam Chen et al. (2009). Não é apenas o volume de estudantes que conforma a aplicação das novas tecnologias, mas principalmente seus novos hábitos e características, como, por exemplo, mobilidade, condição econômica e presença digital. Na prática, isso tem aberto espaço para muitos novos empreendimentos voltados à transformação digital da educação.

Também na educação o *smartphone* ganha um papel protagonista diante das novas tecnologias. É o caso da empresa brasileira App Prova¹, que fornece uma plataforma tecnológica que visa a servir de interface entre instituições de ensino e alunos no processo de preparação destes para o vestibular e o Enem (Exame Nacional do Ensino Médio). Assim, as escolas podem se focar na atividade de ensino, e os alunos podem ganhar um sistema de avaliação mais robusto, por ser construído de forma altamente dedicada. As escolas conseguem comparar os resultados de seus alunos com o de outros estudantes de todo o Brasil e não é preciso esperar o vestibular ou o Enem para saber o desempenho dos estudantes. Como essa comparação pode ser realizada a qualquer momento, também é possível antecipar os processos pedagógicos, aumentando a qualidade do serviço, inclusive aplicando simulados com o mesmo critério de avaliação do Enem. Em especial, o que se proporciona é identificar

¹ Saiba mais em: <<http://www.approva.com.br>>. Acesso em: 6 out. 2017.

os pontos fortes e fracos dos alunos com antecedência, favorecendo um planejamento dinâmico, com conhecimento de quais disciplinas e conteúdos os alunos têm mais dificuldades e precisam de revisão. Finalmente, oferece-se uma maior liberdade aos professores, que não precisam dispenser várias horas elaborando atividades. Com mais de 30 mil questões baseadas no Enem, eles ganham tempo e têm os exercícios corrigidos automaticamente pelo aplicativo. A adesão de mais de 1 milhão de alunos em todos os estados do Brasil indica que a solução encontrou um espaço importante no mercado.

Historicamente, não há como deixar de reconhecer o papel disruptivo que o Moodle² trouxe à educação. A plataforma, lançada em 2001, cujo nome é uma sigla para *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*, ou ambiente de aprendizado dinâmico orientado a objeto modular, é um *software livre*, de apoio à aprendizagem. Trata-se de um dos mais bem-sucedidos sistemas para estruturação de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA). A expressão designa ainda o *Learning Management System* (sistema de gestão da aprendizagem) por meio de trabalho colaborativo baseado nessa plataforma, acessível pela internet ou por rede local. Esse programa permite a criação de cursos *on-line* personalizados para as respectivas instituições mantenedoras do portal AVA, páginas de disciplinas, grupos de trabalho e comunidades de aprendizagem. A tecnologia foi fundamental para a viabilização do ensino a distância (EAD), o que garantiu o acesso de um número muito maior de alunos aos cursos de formação, se comparado à restrição prática que os cursos presenciais impõem (como número de vagas limitadas devido às salas físicas a serem ocupadas, capacidade limitada do professor em sala de aula para gerenciar um contingente muito grande de pessoas, dar a devida atenção a elas, entre outros).

Provavelmente inspirado pelo sucesso do Moodle, o que ocorreu é uma proliferação de sistemas de aprendizagem intermediados por computador. Destaca-se o chamado MOOC (*Massive Open On-line Course* – traduzido como curso *on-line* aberto e massivo), que é um tipo de curso aberto (extracurricular) oferecido por meio de ambientes virtuais de aprendizagem. Esse sistema visam a oferecer a um grande número de pessoas a oportunidade de ampliar conhecimentos. É especialmente útil nas situações em que as pessoas buscam conhecimentos específicos para si, e não necessariamente títulos acadêmicos. Um dos mais bem-sucedidos empreendimentos na forma de MOOC é o Coursera³, com uma ampla oferta de cursos de virtualmente todos os domínios do conhecimento, reunindo ofertas de renomadas universidades, como Stanford, Johns Hopkins, Harvard e Berkeley. No Brasil, destaca-se o portal Veduca⁴, um projeto capitaneado pela Universidade de São Paulo (USP). É possível realizar cursos de especialização de grande carga horária sem nenhum custo: normalmente, o modelo de monetização desses cursos é cobrar apenas pela emissão de certificados oficiais (a um preço bastante acessível, normalmente abaixo de US\$ 100). Para quem, no entanto, busca apenas o conhecimento em si, e não certificados, é possível realizar os cursos gratuitamente.

2 Veja mais em: <<http://www.moodle.com>> <<http://moodlebrasil.net>> e <<https://www.moodlelivre.com.br>>. Acesso em: 31 out. 2017.

3 Veja mais em: <<http://www.coursera.org>>. Acesso em: 6 out. 2017.

4 Para mais informações, acesse: <<http://www.veduca.org>>. Acesso em: 6 out. 2017.

O fenômeno de mercado dos MOOC levou ao estabelecimento dos chamados *nanodegree* (nano grau), que é um “título” que, na prática, vem sendo reconhecido cada vez mais por empregadores no sentido de identificar nos candidatos a empregos um importante diferencial: a iniciativa em investir em suas próprias carreiras para reunir conhecimento técnico específico, ou seja, um indicativo de profissionais de alto nível de especialização e atualização em suas áreas de atuação. Algumas plataformas MOOC costumam emitir certificados de participação em cursos *on-line* de forma apenas digital e oferecem o vínculo automático desses nano graus no perfil do LinkedIn⁵ dos seus alunos. Por assim dizer, a tendência dos profissionais competitivos é a educação continuada: mais que os meros títulos acadêmicos convencionais, as pessoas continuarão estudando por toda a vida, principalmente mediante esses cursos livres de complementação e atualização de competências.

Para Chen et al. (2009), os métodos de ensino conseguem ser aprimorados com o uso de novas tecnologias digitais. Um dos mais interessantes casos é a aplicação da realidade aumentada na educação. Essa é a tecnologia que permite, por meio de *smartphones* e *tablets*, transformar um conteúdo convencional em papel (bidimensional) de um material didático qualquer em imagens animadas com volume (tridimensional). Para isso, como descreve Singh (2012, 2014), basta que o dispositivo do aluno, por meio de sua câmera embutida, faça a leitura de códigos especiais de ativação do *software*, normalmente na forma de códigos QR (*Quick Response*, ou resposta rápida). A Figura 2 ilustra a aparência de um código QR lido por um *smartphone*.

Figura 2 – Código QR lido por um smartphone.



Fonte: bizoo_n/iStockphoto.

Assim, os alunos conseguem desfrutar de imagens animadas, geradas pelos seus próprios livros didáticos, comunicando-se com seus *smartphones*. Sem dúvida, como destacam Chen et al. (2009), aumenta a motivação para o estudo, por agregar conteúdo multimídia empolgante. E isso não se resume ao aspecto lúdico, talvez de maior apelo entre crianças no ensino fundamental: para cursos de nível superior, é altamente enriquecedor conseguir

⁵ Rede social de cunho profissional. Disponível em: <<http://www.linkedin.com>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

visualizar um objeto em 3D, por exemplo, em cursos relacionados à engenharia mecânica, desenho industrial ou arquitetura, como sugere a Figura 3.

Figura 3 – Realidade aumentada no ensino técnico.



Fonte: Zapp2Photo/iStockphoto.

Por sua vez, a realidade virtual faz uso de óculos especiais (Figura 4) para sua visualização – que envolvem também o acoplamento de *smartphones* no visor.

Figura 4 – Óculos de realidade virtual.



Fonte: Jacob Ammentorp Lund/iStockphoto.

Schwab (2016) entende que, no campo educacional, a realidade virtual promete a mais instigante experiência imersiva dos alunos, com seu transporte simulado com perfeição a ambientes digitais (integração de imagens e sons). A tecnologia proporciona a interessante

experiência de visualizar um ambiente em 360º, associando o movimento da cabeça do seu usuário com a movimentação nas imagens projetadas na tela dos óculos especiais. Isso proporciona ricas experiências de aprendizado nas mais diversas frentes, como, por exemplo:

- História: os alunos podem ser transportados a locais e épocas abordados no material didático, experimentando o ambiente como personagens daquele cenário.
- Geografia: os alunos podem ser conduzidos a regiões inóspitas do planeta, como fossas no fundo do oceano, interior de vulcões, cumes de montanha, entre outros.
- Engenharia: os alunos podem percorrer digitalmente locais como obras e construções, refinarias e plataformas de petróleo, navios, usinas, entre outros.
- Medicina e veterinária: estudo de anatomia e simulações de cirurgias.
- Treinamentos especializados: promove simulações para formação prática de militares, astronautas, pilotos, entre outros.

Para Singh (2012, 2014), o destaque da rica experiência proporcionada pelos óculos de realidade virtual são as múltiplas possibilidades associadas, como de se comunicar com outros usuários também inseridos em cenários digitais, poder manipular objetos virtuais (quando o usuário ergue sua mão diante dos olhos digitais, vê uma versão digital de sua mão que acompanha os movimentos), escolher a direção a seguir (não fica estático em um único ponto do cenário) e, enfim, tomar decisões que interagem no que acontece com o cenário (é como o papel do protagonista de um *videogame*, e não de um espectador passivo de cinema).

7.3 MedTech

Cirurgias realizadas por robôs. Aplicativos que fornecem orientação a distância para o tratamento das enfermidades. Testes que indicam a localização de um câncer por meio da análise de uma única gota de sangue. Próteses para as mãos com sensação real de toque. Não se trata de um cenário futurista ou de ficção científica: todas essas tecnologias já são utilizadas pela medicina atual, naquilo que se convencionou chamar, de maneira geral, de *MedTech* (*Medical Technology*, ou tecnologia médica).

Para Norris (2002), a *MedTech* está transformando a prevenção, o diagnóstico e o tratamento de muitas doenças. Isso não é um privilégio apenas de países de primeiro mundo: até mesmo a rede pública brasileira já conta com algumas dessas facilidades. À primeira vista, poderia parecer proibitivo que o sistema de saúde pública investisse em tecnologia de ponta dado seu alto custo, entretanto, a prática tem mostrado que o retorno sobre o investimento, com salto de produtividade nos resultados obtidos, costuma compensar rapidamente o dispendio financeiro inicial para a aquisição de algumas *MedTech*. Algo de particular interesse para a gestão pública é que hospitais e redes de atendimento de saúde disponibilizem os leitos o mais rápido possível, e, quanto mais rápido um paciente é plenamente atendido (com qualidade), maior o giro, tornando o sistema de saúde mais disponível à população (diminuição das filas, que são um problema crônico em se tratando de saúde pública, principalmente no Brasil).

Um *MedTech* que se encaixa nessa definição (cara, mas proporcionalmente produtiva) é a cirurgia robótica, trazendo resultados substancialmente melhores no que se refere à qualidade dos procedimentos. Aliás, observa-se que considerar isso “caro” é uma análise restrita apenas ao custo inicial de aquisição – e talvez à manutenção, em alguns casos. Porém, quando se consideram os retornos trazidos por sua disponibilidade e uso contínuo, é possível admitir que caro é persistir no modelo convencional de medicina. Convém esclarecer que o “cirurgião-robô” não é um equipamento igual ao das montadoras automotivas, ambiente em que o uso de robôs é mais popularmente identificado. Na medicina, a tecnologia envolve uma estrutura que comporta basicamente três partes: uma geradora de imagens, os (normalmente) quatro braços mecânicos que se acoplam ao paciente e um console onde o cirurgião humano senta para controlar os braços robóticos.

Os ganhos são evidentes. Por exemplo, o braço mecânico gira melhor do que a mão humana, porque ele tem condições de girar por completo (360°). Há uma liberdade de movimentos e uma precisão muito maiores. Permite-se uma visão aumentada em três dimensões.

Nas especialidades médicas em geral, mas particularmente na oncologia, é evidente que, quanto mais precisão se consegue na remoção de um tecido ou intervenção em algum órgão, muito menor é o trauma que se infinge ao paciente, acarretando em um procedimento médico minimamente invasivo, acelerando o processo de recuperação e preparando-o melhor para tratamentos subsequentes, como quimioterapia e radioterapia. Em alguns casos, tempos de internação, antes de dias, tornam-se horas. Como descreve Norris (2002), o robô é, enfim, um instrumento de cirurgia videolaparoscópica, com especial utilidade para posições de difícil e sensível acesso no organismo do paciente. Não é (ao menos por enquanto) a definitiva substituição do cirurgião humano por um cirurgião-robô, mas sim uma interface entre médico e paciente na forma de uma plataforma robótica.

Nesse contexto, não se trata, então, de uma tecnologia em fase de pesquisa inicial, mas já plenamente consolidada na indústria médica (apesar das pesquisas visando a aprimoramentos serem constantes, evidentemente). Por outro lado, como aponta Singh (2012, 2014), as pesquisas mais radicais tendem a unir campos como da Inteligência Artificial, Nanotecnologia e Internet das Coisas, para possibilitar, um dia, que o cirurgião humano possa, sim, ser plenamente dispensável (ao menos, em um primeiro momento, nas intervenções cirúrgicas mais simples).

Em alguns campos, o Brasil surpreendentemente se mostra na vanguarda tecnológica, e esse é o caso das novas tecnologias aplicadas à medicina. Destaca-se, por exemplo, o desenvolvimento bem-sucedido do app para *smartphone* Conemo, um projeto de pesquisadores da USP. O aplicativo é voltado ao tratamento da depressão, uma enfermidade que acomete um número muito expressivo de pessoas (considerando, ainda, os doentes que sofrem em silêncio, não procurando atendimento especializado e ficando fora, portanto, das estatísticas oficiais). Seu teste-piloto ocorreu com pacientes da rede pública de saúde: depois de processar informações a respeito do estado emocional dos pacientes, esse programa de monitoramento de comportamento intervém com estímulos que podem aliviar os sintomas da depressão (CASTRO, 2016). Atualmente, já existem diversas opções de aplicativos similares disponíveis nas lojas virtuais dos sistemas operacionais iOS e Android.

Outra interessante iniciativa nacional em *MedTech* é conduzida pela empresa Docbot, que criou um *chatbot* médico. O robô, nesse caso, não é um dispositivo físico, mas um algoritmo, um *software* de inteligência cognitiva, capaz de, ao longo do tempo, estabelecer vínculos com os usuários, conhecendo melhor seu perfil, hábitos e, com isso, oferecer uma orientação médica muito mais personalizada. Seu público-alvo são as pessoas com enfermidades de baixa complexidade, que tipicamente procuram no Google informações a respeito de suas condições, sintomas e tratamentos disponíveis. O que essas pessoas enfrentam, na prática, é um cenário de informações desestruturadas, porque, em uma busca livre pela internet, um leigo encontra todo tipo de qualidade de fontes de informação. Há informação útil e precisa disponível *on-line*, mas muitas vezes está em meio a fontes que melhor poderiam ser classificadas de desinformação, sem nenhum compromisso científico ou ético com o que é propagado. Portanto, um *chatbot*, na forma de um assistente pessoal (e digital) de saúde, ainda que não substitua um profissional médico, é usado para filtrar informações confiáveis, melhorando a qualidade do conhecimento que é fornecido aos pacientes.

No segmento dos diagnósticos laboratoriais, a *MedTech* traz também grandes vantagens. Novas tecnologias já permitem a realização de exames médicos em poucos minutos, sem seringas – e o melhor –, no próprio consultório onde o paciente é atendido pelo seu médico de confiança. Não é mais preciso ir até laboratórios à parte para se fazer testes como gravidez, glicose, colesterol, dengue e até de HIV. Equipamentos de alta tecnologia já substituem a tradicional punção por lanceta ou agulha, inegavelmente incômodas para os pacientes, por sistemas que extraem quantidades ínfimas de sangue por sucção da pele, em procedimento que toma frações de segundo, substituindo a dor (e a aflição envolvida) por, no máximo, cócegas.

Não é só a conveniência da coleta do paciente que torna louvável a nova tecnologia. A pré-análise das informações da amostra já é feita pelo próprio aparelho coletor, que digitaliza as informações e as envia, eletronicamente, ao biomédico responsável no laboratório. Ou seja, em vez de se transitar material biológico em meio físico, o que se transita é apenas informação digital, suficiente para emitir um laudo técnico com segurança e precisão. Os pacientes (e os próprios médicos) já podem contar com o retorno desse laudo não mais em papel, mas sim com retorno da informação diretamente em *app* de *smartphone*, em um processo muito mais ágil e econômico, sem perder a qualidade frente ao modo convencional, já que todo o processo prioriza o meio *on-line*. Essa conveniência é especialmente útil nas modalidades de exame que dispensam jejum prévio, pois, assim, o paciente faz a consulta com o médico, recebe no ato a orientação de que exame é necessário e já faz o procedimento no mesmo momento.

Inegavelmente, como apontam Singh (2012, 2014) e Schwab (2016), a telemedicina é o grande destaque da *MedTech*. O estereótipo clássico do médico com um estetoscópio como ferramenta de trabalho inseparável tende a ser substituído pelo médico com um *smartphone* em mãos. Tudo ganha uma nova dinâmica com as tecnologias móveis acompanhando, ao mesmo tempo, médicos e pacientes.

Por exemplo, um ecocardiograma convencional é um retrato estático de determinado momento em que o paciente fez o exame, e o documento é analisado posteriormente por seu

médico. Muito mais efetivo é o médico poder contar com ecocardiogramas digitais em tempo real de seu paciente, esteja ele em qualquer local, a partir da comunicação dos sensores do paciente (o próprio *smartphone* dele, ou *smartwatch*⁶, ou sensores específicos aplicados em seu corpo que funcionem sem fio e conectados como dispositivos de Internet das Coisas) com o *smartphone* do médico. O celular do profissional passa a ser, então, também um monitor das condições de saúde, em tempo real, de seus vários pacientes, inclusive com alarmes programáveis que alertem o médico automaticamente no caso da identificação de alguma condição pré-programada, como arritmia ou qualquer outra anomalia que se deseje verificar.

De fato, virtualmente todos os sinais vitais de uma pessoa, como batimentos cardíacos, pressão arterial, nível de oxigênio no sangue, temperatura corporal etc., podem ser monitorados de forma integrada por *apps* de saúde. Como vantagem importante, cria-se um banco de dados dessas condições ao longo do tempo, o que permite cruzamento de informações para diagnósticos mais precisos da condição de saúde. Mais uma vez, a conexão do *app* do paciente com o *app* do médico é altamente valiosa para essa solução tecnológica.

Para as mulheres grávidas, talvez nada pareça mais importante do que saber, a todo momento, a condição de saúde de seus filhos em gestação. Já existe tecnologia que permite a essas mães (e, claro, para seus respectivos médicos responsáveis) monitorar em tempo real, de forma contínua, informações como frequência cardíaca fetal e contrações intrauterinas.

Norris (2002) destaca que as pessoas passam boa parte de sua vida dormindo, e costumava ser apenas em exames altamente especializados, como em clínicas do sono, que esse estado podia ser monitorado para fins de diagnósticos específicos, como apneia do sono – e a própria qualidade geral do sono. Atualmente, além de ficarem na típica situação de recarga de bateria por toda a madrugada, os *smartphones* também se cumprem à função de monitorar o sono de seus usuários, gerando gráficos com precisão semelhante ao que se encontraria no exame convencional (em que o paciente precisa dormir na clínica que faz o exame). O *app* de seu celular gera, então, relatório sobre a quantidade de sono leve, sono pesado, interrupções, movimentações musculares e outras informações, a partir, basicamente, da câmera e do microfone do aparelho ligados durante a noite. Com a difusão dos dispositivos sem fio da Internet das Coisas, é possível ainda que sensores específicos acoplados ao corpo da pessoa se comuniquem diretamente com o *app* em questão.

Aplicativos que atuam como assistentes pessoais de saúde têm se tornado cada vez mais populares, sendo importantes para a medicina preventiva, como destaca Schwab (2016). Eles permitem, além da bioimpedanciometria (circulação de corrente elétrica pelo organismo humano para produção de diagnósticos de condições de saúde), o monitoramento em tempo real das calorias que as pessoas dispendem durante o dia, principalmente por meio da contagem de passos dados e da distância caminhada (função de podômetro). Tais informações podem ainda ser cruzadas com a quantidade de calorias ingerida durante os momentos de alimentação. Parâmetros são configurados, como altura e peso das pessoas e metas de dispêndio energético podem ser fixadas, sendo que o sistema alerta os usuários quando são percebidos desvios (ou tendências) em relação ao projetado. Esses aplicativos

⁶ Relógio inteligente: dispositivo com funções análogas a um *smartphone*, porém “vestível” como um relógio de pulso.

costumam ser integrados com múltiplas funções, algumas até bastante simplórias, mas importantes, como lembrete periódico para beber água e momentos de interromper atividade do trabalho para uma pequena ginástica laboral.

A velhice é um momento da vida que costuma envolver cuidados médicos específicos, sobretudo no aspecto preventivo. Singh (2012, 2014) lembra que novas tecnologias também estão atendendo a essa frente de demanda, com diversas e criativas soluções. Uma delas é o robô cuidador de idosos, da *startup* curitibana Wilson⁷. Afinal, quem possui na família um idoso que more sozinho, ou passe muito tempo sem ninguém acompanhando, tem sempre uma preocupação constante sobre os riscos associados a essa condição. Os perigos, especialmente dentro de casa, não são raros. Além dos problemas (muitas vezes totalmente imprevisíveis) de saúde, até mesmo a solidão pode ser um gatilho para a depressão de idosos que não têm companhia a maior parte de seu tempo. E é essa a proposta do sistema Wilson, que visa a garantir que o idoso tenha alguma companhia, interagindo e dialogando com ele. Além disso, tem sua função de lembrar o idoso de tomar os devidos remédios, ler para ele as notícias do dia e, fundamentalmente, monitorar sua saúde, mantendo a família informada o tempo todo dos acontecimentos relevantes.

Conclusão

O mundo transformado digitalmente é outro, completamente diferente daquele que se conheceu até bem poucos anos atrás. São novas dinâmicas proporcionadas pelas novas tecnologias, que redefinem por completo atividades tão corriqueiras, como operações financeiras, atividades de ensino e a área médica.

Se o que já se transformou até agora é até, de certo modo, assombroso, o que há por vir, com as novas tecnologias redefinindo novos negócios, é ainda mais radical. Por isso a importância de os profissionais em formação hoje estarem atentos a esses movimentos na indústria, a fim de que possam contribuirativamente com o aprimoramento dos processos de trabalho da Quarta Revolução Industrial e com a construção de uma sociedade cada vez mais humana.

Ampliando seus conhecimentos

Tavare, Moura e Alves (2013) reconhecem que a geração de novos negócios tem sido discutida amplamente como um importante fator para o desenvolvimento regional. Contudo, observa-se que antes de gerar novos negócios, há a necessidade da formação de pessoas empreendedoras e inovadoras.

⁷ Saiba mais em: <<http://www.wilsoncare.com.br>>. Acesso em: 6 out. 2017.

Educação empreendedora e a geração de novos negócios

(TAVARES; MOURA; ALVES, 2013)

[..]

Nesse sentido, observa-se [...] que as características empreendedoras são importantes fatores que devem ser observados para a formação de novos empreendedores. Por muito tempo, entendia-se que tais características eram privilégio de poucas pessoas, que supostamente já nasciam pré-dispostas a serem empreendedoras.

Atualmente, a partir dos estudos acerca do tema empreendedorismo, verifica-se que o empreendedor não pode ser apenas entendido como a pessoa que nasce com vocação para empreender, mas como uma pessoa que possui um conjunto de características que levam a pessoa a ser empreendedor, e, estas características podem ser desenvolvidas em qualquer pessoa.

A formação de empreendedores torna-se um importante fator para o desenvolvimento econômico de uma região, tornando-a atratora de negócios inovadores e formadora de capital social com elevado nível de conhecimento. A partir dos estudos pesquisados, pode-se perceber a importância da educação empreendedora para a transformação econômica das regiões. [Com essas] constatações, observa-se a necessidade de as organizações governamentais e as instituições de ensino aterem-se à [indispensabilidade] de contemplar a educação do empreendedorismo na formação das crianças e jovens, podendo, assim, estabelecer um ambiente propício ao desenvolvimento do empreendedorismo.

Atividades

1. Quais são algumas das vantagens das criptomoedas em relação às moedas convencionais?
2. Qual o impacto social da tecnologia de ensino a distância (EAD)?
3. Qual a diferença entre realidade aumentada e realidade virtual?
4. Por que o *smartphone* tende a substituir o estetoscópio como ferramenta de trabalho ícone dos médicos?

➤ Referências

- BLOCKCHAIN. 2017. Disponível em: <<https://blockchain.info/>>. Acesso em: 6 out. 2017.
- CHEN, C. et al. Emerging EdTech: expert perspectives and design principles. In: **ICTs for Modern Educational and Instructional Advancement: new approaches to teaching**. Hershey, PA: IGI Global, 2009.
- NAKAMOTO, S. **Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system**. 2008. Disponível em: <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>. Acesso em: 6 out. 2017.
- NORRIS, A. **Essentials of Telemedicine and Telecare**. Chichester: Wiley, 2002.
- POPPER, N. **Digital gold: bitcoin and the inside story of the misfits and millionaires trying to reinvent money**. New York: Harper Paperbacks, 2016.
- SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.
- SINGH, S. **New mega trends: implications for our future lives**. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2012.
- _____. **Top 20 global megatrends and their Impact on business, cultures and society**. San Antonio: Frost & Sullivan, 2014.
- TAVARES, C.; MOURA, G.; ALVES, J. Educação empreendedora e a geração de novos negócios. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, n. 188, 2013. Disponível em: <<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/13/empreendedorismo.html>>. Acesso em: 6 out. 2017.

☒ Resolução

1. Por precisar apenas de acesso à internet para fazer transações, moedas digitais, como o *bitcoin*, têm o potencial de atender às bilhões de pessoas no mundo que não têm acesso a sistema bancário, por falta de interesse econômico dos bancos em atendê-las ou até mesmo pela falta de segurança. Como o dinheiro eletrônico não é centralizado, a moeda não pode ser confiscada – o que aconteceu, por exemplo, com as contas-poupança no Brasil no início da década de 1990. Isso proporciona uma alternativa em países que controlam a entrada de dólares ou forçam o câmbio desfavorável.
2. Permitir a inclusão de um número muito maior de pessoas à educação, o que implica diretamente a qualidade do panorama social em geral.
3. Na realidade aumentada, as imagens digitais (tridimensionais, animadas) ficam restritas ao visor do *smartphone*. No caso da realidade virtual, apesar de também se fazer uso da tela do *smartphone*, ele é acoplado aos óculos de realidade virtual que cobre todo o campo de visão da pessoa, transmitindo a ela a sensação vívida de estar em um outro ambiente.
4. Porque o celular inteligente representa a concentração de virtualmente todas as novas possibilidades que a *MedTech* apresenta com a digitalização dos processos médicos, com grande destaque aos *apps* especializados em saúde interagindo inclusive com sensores médicos inteligentes (conectados como dispositivos de Internet das Coisas).

O *smartphone* passa a servir como assistente pessoal especializado tanto para o paciente quanto para seu médico, estabelecendo novos canais mais eficientes de contato entre as partes (telemedicina).

8

O “calcanhar de Aquiles” da nova TI

As novas tecnologias redefinem o mundo, transformando as indústrias e os mercados de uma forma irreversível. A tecnologia da informação ocupa um papel de central protagonismo nesse contexto, afinal, o movimento é pela contínua digitalização de todos os processos industriais, o que resulta em que a TI capitaneie a evolução e a convergência de praticamente todas as novas tecnologias, em todos os campos de conhecimento.

Contudo, especialistas apontam que a crescente dependência tecnológica traz alguns pontos de atenção que precisam ser devidamente equacionados. Entre eles, principalmente, aspectos envolvendo segurança, recursos humanos e recursos financeiros.

8.1 Segurança

Um mundo cada vez mais digital, profundamente computadorizado, estaria muito mais suscetível ao ataque e controle não autorizado de *crackers* e cibercriminosos em geral? Como lembram Ramos et al. (2012), essa é uma questão que instiga muitas pessoas e que, para ser devidamente respondida, envolve a análise de alguns importantes elementos cruciais em termos de segurança.

Os *crackers* vão se profissionalizando, assim como a indústria de segurança também o faz, em uma eterna “corrida de gato e rato”. Digitalizar todos os processos, em uma empresa, significa fragmentar a cadeia de valor, concedendo acesso a muito mais pessoas e organizações do que no modelo convencional. Esse acesso implica em abertura de informação sensível e segredo industrial? Claro que os devidos cuidados têm que ser tomados.

De fato, a segurança é um dos fatores mais críticos no contexto da Indústria 4.0, mas, ao mesmo tempo, é também uma das maiores oportunidades de novos negócios nesta nova era, que provavelmente viverá uma profusão de fornecedores especializados em segurança digital, como aponta Singh (2012, 2014). Particularmente para o Brasil, trata-se de um cenário valioso, afinal, é sabido que, no país, existem profissionais de alto gabarito em desenvolvimento de *software* – apesar de todas as dificuldades inerentes a uma nação subdesenvolvida. Por isso, é bastante provável que os próximos anos sejam marcados por modelos de negócio cuja proposição de valor seja assegurar a integridade das transações digitais nas mais variadas operações.

Mesmo muito antes da era da Indústria 4.0, as preocupações sobre espionagem industrial sempre se fizeram presentes nas organizações. Proteger o segredo industrial é um dos aspectos cruciais de competitividade. Com a digitalização, aumentam-se, evidentemente, os canais de informação, e qualquer um deles pode ser responsável pelo vazamento indesejado. Mas, assim como a tecnologia da informação pode representar fonte de novos problemas nesse campo, ela é, ao mesmo tempo, a supridora das respectivas soluções. É interessante observar que, talvez tão antiga quanto a espionagem industrial, os processos de inteligência competitiva também são potencializados pela TI. Como explica Reis (2008), diferentemente da espionagem, que é uma atividade ilícita, imoral e criminosa, a Inteligência Competitiva, que igualmente se destina à captação de informações sobre a concorrência, o faz, entretanto, por meio de fontes abertas: aproveita-se tudo o que está livremente disponível a respeito de determinada empresa, em jornais, documentos públicos, revistas, redes sociais, *websites* etc. É interessante observar que muitas dessas informações são divulgadas publicamente pelas próprias empresas-alvo do monitoramento, por exemplo em seus próprios *websites* e redes sociais. Portanto, o processo de inteligência competitiva tem apenas o mérito de saber onde buscar informações que estão disponíveis a qualquer pessoa, e isso é legitimamente ético.

Se as empresas podem dispor de processos de inteligência competitiva, também adotam, muitas vezes, práticas de contrainteligência: são mecanismos para se defender de vazamento de informação sensível para a concorrência – e isso tanto em proteção contra espionagem industrial quanto de Inteligência Competitiva alheia. São iniciativas como proteção

de documentos em níveis autorizados de acesso, senhas em determinadas áreas de sistemas informatizados, treinamento da força de trabalho para não comentar ou falar abertamente de informações sensíveis da empresa, entre outros. A crescente informatização, naturalmente, potencializa em muito todos esses processos, tanto do lado da controversa espionagem industrial quanto do lado das práticas de inteligência competitiva e de contra-inteligência. Isso posto, é inegável que a segurança de informação orientada à preservação de segredo industrial seja um dos mais relevantes objetivos da segurança digital da Indústria 4.0.

Contudo, ao contrário do que o senso comum possa estar propenso a pensar, os avanços da tecnologia da informação, com a integração de novas técnicas, tendem a deixar a informação digitalizada muito mais segura. São vários aspectos que corroboram com essa visão. Um deles diz respeito ao próprio contexto em que um determinado sistema pode ser alvo de ações ilícitas: logicamente, é muito mais provável que uma organização digital seja visada para ataques quando ela está só, ou acompanhada de poucas outras organizações também digitalizadas, do que em um cenário em que virtualmente todas as organizações atuam digitalmente.

Em uma analogia certamente pobre, mas ainda assim válida, é como a situação da segurança de uma agência bancária única, localizada em uma pequena cidade do interior, frágil e vulnerável, frente à situação de uma agência bancária circunvizinhada de várias outras em uma rua movimentada de um grande centro urbano. Não por acaso, ultimamente os noticiários policiais têm mostrado, efetivamente, muito mais roubos a banco em pequenas cidades do interior do que em grandes capitais no Brasil. Portanto, quanto mais organizações aderentes ao cenário digital, menor a probabilidade estatística de uma determinada empresa ser o “grande alvo” de ataques em ambiente digital.

Não que haja um excesso de preocupação com segurança digital, mas talvez ela seja, em alguns aspectos, indevida. O meio digital é um ambiente de enorme comunicação, mas, também, de enorme redundância. Assim, nas inquietações, tais como um invasor remoto que realize um comando clandestino destinado a uma impressora 3D, a um carro inteligente ou a uma máquina industrial, práticas como comandos confirmados com **redundância** (repetidos duas, três ou mais vezes, em distintos canais) são suficientes para impedir uma “invasão simples”. O dado de redundância que não confirme o dado original anula o comando pretendido. Por sinal, é uma das virtudes do algoritmo de mineração de dados do *blockchain*, por exemplo, que transmite a segurança necessária às operações com criptomoedas como o *bitcoin*: para se fraudar o sistema, seria necessário invadir mais de metade dos computadores do planeta que mineram dados, o que é virtualmente impraticável.

Portanto, poucos canais de comunicação, centralizados, representam muito mais perigo do que múltiplos canais distribuídos, que favorecem a segurança das informações digitais através de sistemas de redundância. Que o digam as grandes corporações: seria uma verdadeira glória, na perspectiva de um *cracker*, se ele pudesse derrubar o *site* do Google, por exemplo.

Certamente, tentativas é o que não faltam, com portais *on-line* de grandes corporações sofrendo ataques a todo momento, de forma ininterrupta. Mas qual é o motivo que leva esses endereços a nunca cair? Um enorme sistema de redundância, com *data centers* distribuídos globalmente. Assim, mesmo no caso de uma grande catástrofe em um desses centros

(incêndio, explosão etc.), os conteúdos continuam *on-line* graças a um conjunto de outros computadores distribuídos que mantêm a operação.

Uma virtual invasão eletrônica a um desses *data centers*, embora muito improvável, é inócuia, visto que a redundância da rede isolaria seu funcionamento. Por isso, a atual arquitetura de rede favorece muito a segurança de soluções de computação em nuvem (*cloud computing*) e de Internet das Coisas (IoT). Em suma, em uma analogia biológica, quebrar um galho de uma árvore não mata a árvore, porque ela é, essencialmente, redundante.

As organizações, obviamente, são pressionadas a investir em segurança digital, e nunca deveriam deixar de fazê-lo. É necessário ter noção clara dos riscos a que estão submetidas, para dimensionar adequadamente o investimento, afinal, restrições financeiras são realidade em qualquer tipo de empreendimento. Superdimensionar sistemas informatizados de segurança pode representar, não raro, grave desperdício de recursos financeiros que comprometa a competitividade e a sobrevivência do negócio. Por outro lado, subdimensioná-los pode expor a organização a riscos que também ameaçam a integridade do empreendimento. Quanto a esta última medida, de subdimensionar, merece ser destacado que as grandes invasões de sistemas informatizados e vírus eletrônicos de violenta propagação mundial que foram notícias nos últimos anos, como o *ransomware WannaCry*¹, exploraram, precisamente, vulnerabilidades conhecidas em sistemas operacionais como o Windows que já estavam resolvidas em atualizações de segurança do sistema (*patches*), visando, então, a encontrar computadores e redes que deliberadamente não foram atualizados por seus administradores. Infelizmente, os ataques foram razoavelmente bem-sucedidos, gerando pânico generalizado entre administradores de TI por todo o mundo, porque a quantidade de máquinas que continuam operando sem atualização de *software* é, de fato, muito grande.

O ponto de equilíbrio, nesse contexto, é um tanto desafiador. Em termos práticos, muitas organizações se encontram em alguns dilemas: um hospital, por exemplo, deveria destinar determinada parcela disputada do orçamento em um equipamento de ponta para melhorar exames e cirurgias ou dispensar esse valor em sistemas de segurança de TI? Questões assim não são fáceis de responder, dependendo de análise estratégica criteriosa de cada realidade empresarial.

Para Ramos et al. (2012), os sistemas de segurança de TI estão cada vez mais proativos, e isso é importante para tornar o ambiente, em geral, muito mais confiável. Por exemplo, não muito antigamente, uma pessoa descobria que seu cartão de crédito tinha sido clonado apenas no momento de conferir a fatura. Mas, usando os conceitos modernos de segurança, estabelecem-se barreiras para os níveis de invasão. Os sistemas detectam onde o invasor entrou e a tendência de para onde possa estar indo.

Por isso que, entre outras boas práticas, hoje o cartão de crédito está conectado com o celular de seu proprietário. Uma eventual compra realizada com o cartão em qualquer parte do mundo é notificada instantaneamente no *smartphone* da pessoa – tão instantaneamente quanto essa “quase” vítima pode telefonar prontamente para a operadora e pedir o bloqueio

¹ Saiba mais em: <<http://epoca.globo.com/tecnologia/experiencias-digitais/noticia/2017/06/tecnologia-por-tras-de-mais-um-mega-ataque-cibernetico-global.html>>. Acesso em: 30 out. 2017.

da operação e, se for o caso, do cartão. Não é mais necessário, pois, seguindo esse exemplo, esperar chegar a fatura, semanas depois.

De forma análoga, vários mecanismos protegem suficientemente as operações *on-line*. Algumas vezes, gerando até transtornos um tanto quanto maçantes, como senhas eletrônicas diferentes da senha oficial da conta, momentos de recadastramento obrigatório periódico de senhas que forçam não usar as já utilizadas anteriormente, *tokens*, autenticação em duas instâncias e afins: demora-se mais em uma transação *on-line*, justamente devido à segurança, mas, entre velocidade e ambiente seguro, o segundo prevalece.

Ocorre o mesmo com as conveniências *on-line* em geral: a segurança sempre estará em primeiro lugar. Na prática, é por isso que assistentes pessoais, como Siri e Google Now, tão solícitos e versáteis em uma série de pedidos feitos por seus usuários no dia a dia, parecem que ainda ficarão um bom tempo restringidos a atender a comandos como: “OK, Google, verifique meu saldo no banco”. A resposta é que isso não pode ser feito – não por uma ainda incompreendida impossibilidade técnica, mas pela série de mecanismos de segurança que uma aplicação de terceira parte enfrenta em sistemas bancários.

8.2 Recursos humanos

Apesar das grandes distâncias em que se encontram alguns países em termos de situação econômica e social (e reconhecendo que graves crises econômicas, como a que recentemente acometeu o Brasil, jogando o país em profunda depressão industrial, freian- do a velocidade das mudanças trazidas pela Quarta Revolução Industrial), o fato é que a transformação digital é um fenômeno global, sem fronteiras. Ela permeia todos os contextos e todos os lugares, e, em dado momento, mesmo que com algum atraso, redefinirá por completo a forma de se criar e manter negócios no Brasil. A digitalização continua cada vez mais intensa, inevitavelmente. Por isso, mesmo na crise, é importante que o país se atenha a alguns importantes aspectos referentes à preparação dos recursos humanos como força de trabalho e força empreendedora desse movimento.

A questão não é como tomar parte ou não dessa Revolução Industrial. A pergunta “Devemos embarcar na onda da digitalização?” é uma questão que admite uma única res- posta. Só existe um caminho, que é aderir ao novo paradigma. Afinal, organizações que fiquem para trás nesse contexto irão sofrer perda brutal de competitividade em todos os processos. Deixando de encontrar o seu lugar na cadeia de valor, rapidamente serão pulveri- zadas do mercado. Sendo assim, estratégia de inovação, como uma das respostas à Indústria 4.0, torna-se essencialmente uma necessidade. Tradicionalmente, a maior parte das empre- sas (principalmente no Brasil) não investe em P&D (pesquisa e desenvolvimento), o que é um dos primeiros choques a serem confrontados: a dedicação de pessoal competente da empresa também a essa atividade se torna cada vez premente. Como explica Reis (2008), dispor de pessoal capacitado para gerenciar processos de P&D não significa, necessariamen- te, dispor de uma área interna de Engenharia ou robustos laboratórios de experimentação. Existem diversas estratégias para gerir a incorporação de novas tecnologias, mesmo que

elas sejam adquiridas, licenciadas, trabalhadas em regime de inovação aberta (parceria com demais instituições externas) ou outra modalidade. O importante é dispor, na equipe, de pessoas que saibam lidar com essas várias possibilidades de processo de desenvolvimento tecnológico. É, certamente, um cenário mais favorecido em empresas de base tecnológica, que naturalmente dispõem, na força de trabalho, de técnicos, tecnólogos e engenheiros. Mas, em organizações de outros setores (prestadores de serviço, comércio etc.), torna-se necessário que essas competências técnicas sejam minimamente agregadas também à formação das respectivas equipes de trabalho. Como descreve Ramos (2012), a “alfabetização digital” dos cargos em geral torna-se cada vez mais imprescindível. Independente do setor de atuação e do porte da empresa, gestores e empreendedores, em especial, não podem deixar de lado uma capacitação contínua em tecnologia da informação. Não que seja necessário transformá-los em exímios programadores de linguagem de máquina ou analistas de sistemas, mas o conhecimento mínimo nas novas abordagens de TI passa a ser competência tão essencial quanto as noções fundamentais que se precisa possuir em contabilidade, finanças, *marketing*, recursos humanos etc.

Quando se pensa no caso brasileiro, algumas constatações são, no mínimo, inquietantes. Um país como a Índia, por exemplo, com graves mazelas sociais, desigualdade, criminalidade e outros problemas muito piores que o quadro do Brasil, investe pesadamente em P&D e em inovação. O país já lançou suas próprias naves ao espaço², e não poderia ser comparado em nível de desenvolvimento social que se tem no Brasil. A educação formal indiana, sobretudo via as escolas inglesas e americanas, tem abastecido os principais centros de desenvolvimento tecnológico do mundo em diversas áreas do conhecimento. Dessa análise comparativa emerge a questão não da falta de recursos, mas da miopia na escolha de prioridades: sem investimento em educação, compromete-se, como consequência, o próprio investimento em P&D.

No Brasil, há que se frisar que a maior barreira não reside em recursos financeiros, mas sim em recursos humanos – o maior desafio tecnológico do país. Surpreendentemente de certa forma o problema inclui até mesmo o aspecto de quantidade: já há alguns anos, não existe mão de obra (qualificada) suficiente para atender a demanda – e isso em meio a uma das piores crises de desemprego que a nação já enfrentou. Um falso paradoxo: a qualificação para determinadas funções-chave, em processos tecnológicos, é precária. Causa espanto que se importem profissionais especializados de países sul-americanos, como Colômbia e Chile, por exemplo, para dirigir caminhões e colheitadeiras no Brasil. Antigamente, qualquer sujeito que soubesse dirigir um automóvel conseguia, com razoável analogia de comandos, dirigir um trator. Contudo, nos dias atuais, esses equipamentos de ponta não são os mesmos caminhões e colheitadeiras convencionais de poucos anos atrás, pois estão impregnados de alta tecnologia, inclusive com modernos sistemas embarcados de TI. Não é qualquer um que opera: as pessoas precisam receber treinamento especializado, de razoável carga horária, muitas vezes diretamente dos fabricantes – não raro, capacitações realizadas em inglês e/ou executadas fora

2 Veja mais em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/09/140925_india_marte_lab> e <https://br.sputniknews.com/ciencia_tecnologia/201702157679852-india-lanca-104-satelles-video/>. Acesso em: 30 out. 2017.

do país. Por sinal, os mais avançados equipamentos industriais, fabricados usualmente fora do país, não costumam dispor de interface em português para seus operadores.

O futuro do emprego também será profundamente modificado, segundo Singh (2012, 2014) e Schwab (2016). Se é bem provável que, um dia, as máquinas substituam por completo (e com muito mais eficiência) qualquer atividade profissional que um ser humano desempenhe, o fato é que, até se chegar a esse momento, a mudança será gradual e não uniforme em todos os mercados e países, então a Indústria 4.0 implica ainda em muita demanda de trabalho humano. Com a crescente digitalização, e as máquinas falando entre si (tecnologia M2M), ficará mais restrito o campo de atuação do profissional que trabalha para apenas uma empresa (o “emprego normal”, de 40 ou 44 horas de dedicação semanal exclusiva). Na indústria de TI em especial, a tendência é que passe a aparecer no mercado profissionais especialistas em administrar três, quatro ou cinco máquinas (ou sistemas), por exemplo, que sejam utilizadas em três, quatro ou cinco empresas distintas (ramos, setores, portes diferentes). Com as diferentes demandas envolvidas, é bastante provável que a carga de trabalho seja bastante sazonal e dinâmica. Por isso, tende a haver não mais jornadas típicas de 8 horas de trabalho por dia, mas empreitadas bastante flexíveis, totalmente sob demanda.

Não significa uma precarização dos rendimentos financeiros do profissional. Maior nível de especialização implicará em trabalhar menos, mas ganhar mais por isso. Talvez, em poucos anos, a maior parte desses profissionais especializados trabalhe 20 horas por semana – ou até menos que isso –, mas terão múltiplas fontes de receita, com seus diversos clientes simultâneos. É um cenário que favorece, evidentemente, muito mais a atuação dos profissionais como empresas prestadoras de serviço, ou profissionais liberais, do que empregados contratados no formato da CLT (Consolidação das Leis do Trabalho). Aliás, esse é mais um dos movimentos de mercado que coloca cada vez mais pressão por reformas trabalhistas (no Brasil e no mundo): quanto mais se avança na Indústria 4.0 do século XXI, mais defasado e inadequado se torna o regime de trabalho CLT.

Como aponta Reis (2008), é preciso dispor de condições estruturantes para a falta de pessoal qualificado para atender à transformação digital industrial no Brasil. A base dessa mão de obra (cada vez mais “cabeça de obra”) é analítica, TI e Engenharia. Os poucos profissionais brasileiros gabaritados são recorrentemente sondados por empresas estrangeiras para trabalhar fora. Não sem razão, grande parte desses brasileiros está disposta a deixar o país. Para o Brasil, trata-se de uma perda brutal: esses talentos qualificados são a base para a competitividade industrial das organizações estabelecidas no país.

Não obstante, com um cenário de qualificação cada vez mais alta, o número absoluto de empregos é cada vez menor. Nisso concordam Singh (2012, 2014) e Schwab (2016). Não deixa de ser realidade também na indústria de TI: não há emprego para todo mundo, e os poucos postos que existem exigem uma alta qualificação. Com o progresso tecnológico ao longo da história, sempre ocorreu essa dinâmica de se extinguirem alguns empregos, ao mesmo tempo que se criavam novas funções. Em uma análise qualitativa, parece ser uma mera troca da natureza das funções, conforme avançam as tecnologias em geral. Contudo, em uma análise quantitativa, é necessário reconhecer que a proporção não é de 1:1. Para cada posto de trabalho que não exista mais de alfaiate, ascensorista de elevador e operador

de telefonia, por exemplo, não se cria a mesma quantidade de novas funções, como piloto de drones, cientista de dados e especialista em *marketing* digital. No saldo geral, o mercado de trabalho vai ficando mais restrito – para empregados convencionais. É por isso que, no Brasil, o modelo engessado e pesado da CLT não se sustenta.

O iminente descompasso econômico conduz a uma restruturação social. Mas é interessante observar que se nesse novo mundo não há emprego para todo mundo, por outro lado há, sim, trabalho para todo mundo – e de sobra. Oportunidades de atendimento de novas demandas, novas necessidades e novos campos de atuação são virtualmente intermináveis. Mas isso não se dá, necessariamente, por contratação de empregados, mas sim pela via empreendedora – principalmente de micro e pequenos empreendedores, de novos negócios fundamentados nas novas tecnologias. Esses novos negócios se compõem, cada vez mais, de uma combinação de profissionais liberais (atuando sozinhos) e micro-organizações (equipes de poucos especialistas, muitas vezes estabelecidas em consórcio de micro e pequenos empreendedores). Urge, pois, melhorar a formação de empreendedores no Brasil, e isso começa desde a Educação Básica.

Para Singh (2012, 2014), as instituições de ensino não prosperarão mais persistindo no tradicional modelo de formar empregados para absorção pela indústria, mas sim se formarem empreendedores para potencializar a indústria. Contudo, o que se precisa é de um direcionamento nessa mentalidade empreendedora: mais do que aumentar o número de pessoas cujo máximo de ambição seja abrir “negócios próprios” na forma de pizzarias, padarias e bares, o que se precisa é fomentar a capacitação de empreendedores de alto impacto, ou seja, negócios amparados por novas tecnologias, potencialmente exponenciais.

No estado da Califórnia, nos EUA, existe uma instituição de ensino que se destaca nesse aspecto: a Singularity University³, sediada em meio ao Vale do Silício (região de San Francisco). Seu endereço, em meio a um dos campos da Nasa nos EUA, já sugere o quanto de inovação que ali se pratica. Mas o destaque fica a cargo do processo de seleção de alunos para ingressarem nos programas de formação daquela instituição: eles devem propor alguma ideia de novo negócio cujo impacto seja o atingimento de, no mínimo, 1 bilhão de pessoas. É com essa ambição que lá se trabalha, para o desenvolvimento de empreendedorismo realmente de alto nível. Os norte-americanos costumam empregar uma expressão que inspira a atitude necessária para esse tipo de empreendedorismo: é o *moonshot thinking* ou o “pensar mirando na lua”. Na prática, depois, com os negócios sendo executados, talvez por vários motivos não se chegue, efetivamente, à “lua”. Contudo, a mera proposição já faz com que esses empreendimentos tenham planos de negócio muito mais robustos e visionários, conseguindo resultados muito além da ambição do empreendedor comum.

O empreendedorismo é, pois, uma das mais contundentes soluções para a equação dos recursos humanos na Indústria 4.0, como aponta Singh (2012, 2014). De qualquer forma, evidentemente, não parece ser possível que toda a população economicamente ativa seja formada por empreendedores. Há diferentes perfis e diferentes momentos na vida de uma pessoa, de tal modo que, em determinadas circunstâncias, o mais adequado para ela é, sim,

³ Saiba mais em: <<https://su.org>> e <<http://epocanegocios.globo.com/Carreira/noticia/2016/09/o-que-singularity-university-ensaia-sobre-inovar-com-impacto-social.html>>. Acesso em: 31 out. 2017.

trabalhar para alguém. Mas essa pessoa não pode se iludir: tradicionais atividades de manufatura industrial, como embalagem e montagem, irão inexoravelmente diminuir, pois robôs farão essas funções. Mas, por algum tempo, é necessário contratar pessoas para programar esses robôs, para fazer sua manutenção etc.

Algumas profissões ligadas à TI parecem bastante promissoras para os próximos anos. Entre elas, como destaca Schwab (2016), a do cientista de dados, profissional gabaritado para fazer com que as empresas consigam extrair o máximo de valor de *Big Data*. Especialista em Internet das Coisas e técnico em manutenção de drones são outros exemplos de um cenário no qual, se as pessoas, por um lado, tendem a trabalhar muito menos horas por semana (e muitas vezes remotamente, graças aos canais digitais), por outro, essas horas adicionais serão dedicadas ao contínuo estudo e aprimoramento, porque ficará cada vez mais fácil um profissional se tornar obsoleto por não acompanhar a evolução tecnológica contínua e acelerada desses novos tempos.

8.3 Recursos financeiros

Do ponto de vista financeiro, investir no desenvolvimento de novas tecnologias é uma atividade de alto risco. Contudo, isso não quer dizer que seja algo pouco atraente: pelo contrário, no terreno da inovação, o ganho é proporcional ao risco. É certo que, dadas as incertezas e instabilidades associadas a uma nova tecnologia sendo empregada em produtos e serviços, pode-se, frequentemente, perder muito dinheiro. Mas, ao mesmo tempo, também existe a chance de ganhar – igualmente, muito dinheiro.

Essa é a lógica que move os investidores desse tipo de perfil (agressivo), chamados de *investidores de capital de risco* (ou *VC investors*, investidores de *venture capital*). É bem diferente de investidores tradicionais, que procuram maior segurança em suas aplicações, optando por produtos financeiros como renda fixa e Tesouro Direto. Segurança, no entanto, significa baixo ganho financeiro. O investidor de capital de risco assume os riscos de perder dinheiro, pela possibilidade que vislumbra de ter um retorno sobre seu capital aplicado que nenhuma outra aplicação lhe proporcionaria. Obviamente, não é uma aposta às cegas, e há todo um critério que esses investidores adotam ao escolher apoiar o desenvolvimento de uma determinada nova tecnologia ou realizar aporte financeiro em um novo negócio.

Afinal, o que buscam é a escalabilidade: encontrar negócios e tecnologias que só não ganharam o mundo ainda por falta de recurso financeiro – e não de competência técnica. Aliás, esse é o cenário mais comum em meio ao ecossistema de inovação: de um lado, empreendedores com ótimas ideias e competência para “fazer acontecer” – mas nenhum dinheiro que os permita ir em frente –, de outro, investidores, detentores de grande capital – mas que não têm (e nem precisam ter) ideias inovadoras. Quando eles se encontram, ou melhor, entram em comum acordo quanto a mútuos benefícios, a situação ideal ocorre: um novo negócio com alto potencial de impacto (*startup*) e que dispõe de capital para ser implementado e ser desenvolvido com sucesso.

Nesse mundo do fomento aos negócios e tecnologias inovadoras, existem as figuras quase mitológicas (daí seu nome) dos unicórnios. São aquelas *startups* com um valor de mercado acima de US\$ 1 bilhão. Valores tão expressivos, naturalmente, chamam bastante a atenção das pessoas: por isso, sempre se ouve a respeito das *startups* que foram bem-sucedidas em realizar as rodadas de investimento a tal ponto que as elevaram a esse patamar mitológico. Alguns exemplos são nomes como Dropbox, Uber, Airbnb, Snapchat, dentre outros – por sinal, todas empresas cujo negócio é tecnologia da informação.

Embora isso movimente o imaginário dos novos empreendedores, estimulando-os a procurar modelar os negócios da forma mais ambiciosa possível em termos de projeção de mercado e nível de faturamento, os investidores profissionais costumam ser bastante realistas, no sentido de que é virtualmente impossível se deparar com a oportunidade de encontrar o “próximo Facebook” ou o “próximo Google”. Contudo, trabalhar com empresas com potencial muito abaixo do patamar dos bilhões de dólares faz, ainda, todo o sentido. Um empreendimento em que se aporte, por exemplo, US\$ 1 milhão, para recuperar US\$ 30 milhões em período de até dois anos, é o que move a maior parte dos empreendedores inovadores e investidores de risco. Para quem dispõe de reservas de muitos milhões para sua atividade profissional de investimento, é até admissível perder tudo em um aporte de US\$ 1 milhão... se houver boas chances de recuperar dezenas de vezes esse valor.

Não deixa de ser, de certa forma, uma espécie de loteria, embora, nesse caso, as apostas sejam estritamente avaliadas e calculadas, e não uma dependência pura do acaso, como em um jogo de Megasena. Profissionais investidores de risco, no geral, não depositam todo o seu capital em um único projeto, mas procuram diversificar tanto quanto possível os aportes em vários empreendimentos simultaneamente. A maioria dessas apostas resulta, efetivamente, em perda de dinheiro. Muitos investidores, aliás, por mais exímios que sejam, têm em mente um panorama “7-2-1”: em cada 10 investimentos de risco realizados, muito provavelmente perderão dinheiro em 7 deles, vão no máximo empatar capital em 2 casos... mas, em um desses investimentos, terão um retorno substancial – ganharão tanto dinheiro que o investimento feito nos outros 9 casos será pago, com muita sobra (sua lucratividade na operação).

Vários critérios são adotados por investidores de risco. Um deles, destaque-se, é avaliar se o próprio empreendedor acredita realmente no seu próprio negócio. Há uma maneira prática de verificar isso: os investidores costumam questionar a esses novos empreendedores, o quanto que eles já tiraram dinheiro do próprio bolso para comprometer-se com seu empreendimento (por mais simbólico que o valor possa ser). Por exemplo, se um empreendedor pede US\$ 1 milhão para desenvolver sua “ideia de ouro”, pode ser interrogado quanto a aportar, ele mesmo, algo como US\$ 10 mil. Um indício que seja percebido que o empreendedor não aposta na própria ideia, dentro de suas possibilidades financeiras, pode ser evidência de que o discurso para convencer um investidor não corresponda realmente à confiança efetiva naquele novo negócio.

Por outro lado, demonstrações de *bootstrapping* (quando os empreendedores fazem o que é possível com recursos próprios) são muito bem recebidas: um dos mais célebres casos envolveu os fundadores do Airbnb, em uma época em que o negócio, ainda iniciante, não

tinha recebido aporte de nenhum investidor. Os empreendedores aproveitaram o momento político que seu país (EUA) vivia, de eleição presidencial, para lançar no mercado caixas de cereais temáticas⁴, personalizadas com as campanhas dos dois principais candidatos da época. Era simplesmente uma caixa personalizada: compravam cereais no mercado, trocavam a embalagem original pela embalagem que tinham criado e revendiam, para angariar recursos próprios para investir no plano de negócios do Airbnb – atitude que chamou tanta atenção que foi responsável pelo primeiro aporte de investidor externo naquele negócio, hoje uma empresa bilionária.

Do ponto de vista dos empreendedores, o momento de negociar com investidores externos, para que um novo negócio de alta tecnologia possa “decolar” no mercado, é sempre marcado por alguma angústia, afinal, faria sentido abrir a sociedade a mais gente, tendo que, então, dividir os futuros ganhos? Para os mais visionários, não parece um dilema tão grande. Afinal, fazem as contas e constatam se mais vale a pena deter 100% de um negócio de US\$ 100 mil ou 40% de um negócio de US\$ 3 milhões, por exemplo.

De qualquer modo, há ainda muitas opções ao empreendedor que busca capital para seu projeto, especialmente no que diz respeito a negócios que envolvam inovações tecnológicas. Além de buscar um sócio-investidor no mercado, existem diversas opções de fomento ao empreendedorismo tecnológico que são oferecidas pelo poder público – também no Brasil.

Essas opções envolvem desde mecanismos de incentivo fiscal (baixando ou mesmo eliminando alguns impostos), passam por financiamentos (empréstimos) realmente bastante atrativos (taxas de juros muito abaixo do sistema bancário, ou mesmo juro zero⁵ literalmente), chegando inclusive, em algumas situações bem específicas, a ser oferecida subvenção econômica (aporte financeiro de recursos públicos a fundo perdido: em outras palavras, dinheiro de graça).

É importante se antecipar em conhecer os diversos meios que o governo brasileiro disponibiliza para que a inovação tecnológica seja favorecida financeiramente pelas empresas nacionais. Não se observa uma divulgação ostensiva dessas modalidades, de tal forma que, na prática, uma grande massa de profissionais, empreendedores e organizações não conseguem usufruir desses benefícios simplesmente por não saberem que eles existem.

Um dos mais antigos incentivos fiscais, em nível federal, é o PPB (Processo Produtivo Básico), instituído pela Lei n. 8387/91. Ele se destina às empresas da indústria de manufatura do setor tecnológico, que precisam comprovar, junto ao governo, um índice mínimo de nacionalização dos componentes do produto fabricado (compras realizadas junto a produtores instalados no Brasil) – além de algumas evidências de profissionalização de alto nível da gestão, como certificação ISO 9001 (Sistema de Gestão da Qualidade).

A intenção, evidentemente, é fortalecer a cadeia produtiva local (empresas brasileiras comprando de outras empresas brasileiras). O benefício concedido é a redução de 70% a

⁴ Veja mais em: <<http://www.businessinsider.com/how-a-box-of-cereal-and-being-like-a-cockroach-helped-airbnb-become-a-billion-dollar-business-2013-3>> e <<https://exame.abril.com.br/negocios/como-uma-caixa-de-cereal-salvou-o-airbnb/>>. Acesso em: 31 out. 2017.

⁵ Veja mais em: <<http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externo/historico-de-programa/juro-zero>>. Acesso em: 30 out. 2017.

100% do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados), e, no caso de algumas unidades da federação, redução no ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços). Em muitas empresas de tecnologia, conseguir reduzir drasticamente os custos, com a redução tributária concedida, significa conseguir prosperar no mercado, pois o efeito prático é que o preço de venda do produto consegue baixar, tornando-se, então, organizações altamente competitivas contra produtos vindos do exterior.

Outro incentivo bastante importante é o da Lei da Informática (instituída pela Lei n. 8248/91, posteriormente ajustada pelas Leis n. 10176/01. Essa legalização se destina a empresas da indústria de manufatura de *hardware*, de itens cuja NCM (Nomenclatura Comum do Mercosul) esteja listada como beneficiada. Concede-se, nesse caso, redução do IPI.

Uma das mais relevantes legislações de incentivo à produção e ao desenvolvimento nacionais de inovação tecnológica é a Lei do Bem (Lei n. 11196/05). Ela se destina a empresas enquadradas em regime de Lucro Real, as quais apresentem efetivamente lucro fiscal no ano de exercício, estejam em condição de regularidade fiscal e comprovem investimentos em P&D. Para a lei, atividades de P&D de inovação tecnológica envolvem pesquisa básica ou fundamental, pesquisa aplicada ou desenvolvimento experimental. Os benefícios concedidos são substanciais: dedução de 20,4% até 34% no IRPJ (Imposto de Renda de Pessoa Jurídica) e CSLL (Contribuição Social sobre o Lucro Líquido) dos dispêndios com P&D, redução de 50% no IPI na compra de máquinas e equipamentos destinados à P&D, além de depreciação e amortização acelerada desses bens.

O impacto dessa lei foi bastante significativo: desde 2005, ano de sua promulgação, a indústria brasileira em geral conseguiu importantes avanços em termos de desenvolvimento tecnológico. Muitas empresas multinacionais abriram filiais no Brasil para que suas subsidiárias pudessem aproveitar os incentivos concedidos. Em suma, o país, reconhecidamente atrasado tecnologicamente em relação às nações mais desenvolvidas, conseguiu ganhar um momentâneo fôlego em sua capacidade de inovação tecnológica. Infelizmente, com a grave crise que o país enfrentou nos últimos anos, até mesmo a Lei do Bem foi afetada: em 2015, o governo federal, buscando todas as formas possíveis de cobrir o rombo nas contas públicas, editou medida provisória que suspendia os benefícios dessa lei. Isso pegou o mercado de surpresa, e a consequência foi bastante negativa: vários projetos de inovação de longo termo (alguns anos de cronograma) de empresas brasileiras foram comprometidos depois de iniciados, provocando, inclusive, várias batalhas jurídicas para reverter o quadro imposto. Filiais brasileiras de grupos multinacionais tiveram projetos cancelados, depois de começados, o que proporcionou mais do que meros dissabores: instituiu uma crise de confiança de investidores. Com o “risco Brasil” mais acentuado que nunca, a consequência foi uma profunda desindustrialização do país, com efeitos profundos na economia que ainda serão sentidos por muitos anos.

O “efeito cascata” em outras diversas políticas governamentais de incentivo à inovação foi inevitável. Por exemplo, na Finep, órgão do governo federal ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação destinado a financiar projetos inovadores de empresas do

Brasil, vários editais e programas tiveram drásticos cortes orçamentários, impedindo, na prática, que muitas organizações consigam inovar. O RHAE (Recursos Humanos Avançados na Empresa), programa do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) que possibilitava que mestres e doutores trabalhassem dentro das empresas brasileiras em atividades de P&D com salários pagos integralmente com recursos públicos, foi paralisado.

Tudo isso, infelizmente, dificulta o potencial inovador das organizações brasileiras nestas próximas décadas. Dando sequência a uma triste tendência histórica, nos próximos decisivos anos de transformação digital da era da Indústria 4.0, por falta de condições estruturantes no Brasil, é provável que, no país, muito mais se continue a consumir tecnologias estrangeiras do que se produza inovações nacionais aptas à exportação. Um panorama que, quanto mais se delonga, mais tempo exigirá depois para conseguir revertê-lo.

Conclusão

O profissional de TI tem a perspectiva de ser ainda mais valorizado nos próximos anos, especialmente no Brasil, dada a importância dessa tecnologia diante da transformação digital acelerada que ocorre na sociedade e nas organizações em geral. Em termos de carreira, não há outra expectativa senão de importância crescente que ganha no mercado.

É importante, porém, que os profissionais de TI não limitem suas competências apenas à linguagem de programação de máquinas, desenvolvimento de sistemas ou arquiteturas de redes de computadores. Gestores de TI são mais valorizados e estratégicos às organizações, na medida em que conseguem integrar a tecnologia da informação como recurso essencial a todos os processos organizacionais e como solução para os novos desafios impostos pela Quarta Revolução Industrial. Por isso, é importante que sejam suficientemente versados, entre outros, em tópicos relevantes, como segurança, recursos humanos e recursos financeiros.

O profissional de TI bem preparado é uma resposta a um mundo de negócios cada vez mais complexo, em que os aspectos de velocidade, conectividade e intangibilidade se fazem cada vez mais presentes. Afinal, negócios e organizações são criados, alterados e extintos o tempo todo, dificultando um único foco permanente. Rompem-se fronteiras, com empresas, pessoas, produtos e países conectados digitalmente. E cria-se cada vez mais valor intangível, presente nas informações e nos relacionamentos dos novos negócios.

Ampliando seus conhecimentos

Em sua pesquisa, Germani (2016) identificou o que considera ser os principais desafios encontrados pelos gestores públicos de TI do governo federal brasileiro para desenvolver serviços digitais de qualidade, com agilidade, e que entreguem para os cidadãos uma experiência à altura da expectativa de uma sociedade cada vez mais habituada às tecnologias digitais.

Desafios para o desenvolvimento de serviços digitais pelo governo federal brasileiro

(GERMANI, 2016, p. 96)

[...]

Os principais desafios encontrados foram:

- a) reposicionar a TI da logística para a estratégia;
- b) revisar as normas legais para especializar o desenvolvimento de serviços digitais, que deve ter um processo específico, diferenciado das compras ordinárias;
- c) ampliar a oferta de alternativas de infraestrutura de TI acessíveis para os órgãos, modernizando os serviços oferecidos pelas empresas públicas, tornando-os mais competitivos e identificando serviços que possam ser hospedados em soluções comerciais para reduzir custos e fomentar o mercado nacional;
- d) ampliar e qualificar as equipes de TI para uma atuação voltada a gestão de projetos, e não apenas de contratos;
- e) construir uma visão sistêmica dos serviços, para que se possa entregar ao cidadão uma experiência única de relacionamento com o governo;
- f) garantir a participação da sociedade no desenvolvimento dos serviços, por meio do envolvimento do cidadão no processo, da abertura do código fonte e de uma abordagem de governo como plataforma.
- g) considerar o grande grau de exclusão digital do país e encontrar alternativas para oferecer os serviços à parcela da população desconectada.

Atividades

1. Qual a importância da redundância para a segurança dos sistemas informatizados?
2. Por que o microempreendedorismo é uma forte tendência para os próximos anos?

3. Por que demonstrar *bootstrapping* é importante para empreendedores em busca de aporte de capital privado aos seus negócios inovadores?
4. Por que é importante combater a desindustrialização do Brasil?

Referências

BRASIL. Lei n. 11.196, de 21 de novembro de 2005. Institui o Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia da Informação - REPES, o Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras - RECAP e o Programa de Inclusão Digital. Brasília, 21 de novembro de 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11196.htm. Acesso em: 05 dez. 2017.

BRASIL. Lei n. 10.176, de 11 de Janeiro de 2001. Altera a Lei no 8.248, de 23 de outubro de 1991, a Lei no 8.387, de 30 de dezembro de 1991, e o Decreto-Lei no 288, de 28 de fevereiro de 1967, dispondo sobre a capacitação e competitividade do setor de tecnologia da informação. Brasília, 11 de janeiro de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10176.htm>. Acesso em 05 dez. 2017.

BRASIL. Lei n. 8.387, de 30 de dezembro de 1991. Dá nova redação ao § 1º do art. 3º aos arts. 7º e 9º do Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, ao caput do art. 37 do Decreto-Lei nº 1.455, de 7 de abril de 1976 e ao art. 10 da Lei nº 2.145, de 29 de dezembro de 1953, e dá outras providências. Brasília, 30 de dezembro de 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8387.htm>. Acesso em: 05 dez. 2017.

GERMANI, L. Desafios para o desenvolvimento de serviços digitais pelo governo federal brasileiro. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2016.

RAMOS, E. et al. **Gestão estratégica da tecnologia da informação.** São Paulo: Ed. FGV, 2012.

REIS, D. **Gestão da inovação tecnológica.** Curitiba: Manole, 2008.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial.** São Paulo: Edipro, 2016.

SINGH, S. **New mega trends:** implications for our future lives. eBook Kindle. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2012.

SINGH, S. **Top 20 global megatrends and their impact on business, cultures and society.** San Antonio: Frost & Sullivan, 2014.

Resolução

1. Com a tendência de canais múltiplos e diversificados substituírem o canal único centralizado dos sistemas de informação, a redundância é importante porque evita boa parte das tentativas de “ataques simples”, como comandos clandestinos – que, não sendo confirmados pela informação redundante dos demais canais, são anulados, melhorando a blindagem de segurança dos sistemas. Além disso, dispor da mesma informação armazenada em diversos computadores distribuídos globalmente faz com que ela continue disponível mesmo no caso de uma grave pane ou catástrofe com um *data center* (incêndio, explosão etc.).

2. Porque, se por um lado está cada vez mais difícil conseguir e manter o “emprego clássico” de contrato CLT em tempo integral, trabalhando-se para um único empreendedor, as novas tecnologias favorecem a capacitação de mais pessoas para que estas ofereçam novos produtos e serviços ao mercado, não precisando, para isso, dispor de grandes estruturas ou comprometerem substanciais valores em investimento. Principalmente no caso de negócios digitais, muitos pequenos empreendimentos podem ser viabilizados a custos realmente acessíveis.
3. Porque prova aos potenciais investidores que o empreendedor é, de fato (e não apenas de discurso), o primeiro a acreditar realmente em sua ideia inovadora de negócio, com dinheiro do próprio bolso sendo investido no empreendimento (por mais restrita que seja a capacidade de autoinvestimento). Esse tipo de atitude é bastante apreciável pelos investidores, como um dos critérios práticos para selecionar projetos para receberem investimento externo.
4. Porque um país que afugenta investidores e empreendedores de novos negócios de tecnologia inovadora fica condenado a cada vez mais consumir (importar) tecnologia estrangeira e não conseguir produzir (exportar) tecnologia nacional, acumulando um saldo negativo que afunda a nação no subdesenvolvimento. Assim, exportar laranjas e importar suco de laranja, exportar aço e importar automóveis e afins, só aumenta o atraso que já está estabelecido, com graves consequências sociais de qualidade de vida em geral.

Código Logístico



57158

Fundação Biblioteca Nacional

ISBN 978-85-387-6383-3



9 788538 763833