

Preparação para a indústria inteligente

Evoluções tecnológicas que exigem inovações empresariais

POR **CARLOS ARRUDA E HUGO TADEU**

Em momentos especiais da história recente da humanidade, novas tecnologias se apresentaram como propulsoras de um grande fluxo de inovações e transformações na sociedade. No final do século 18, o uso da água e do vapor foi básico para a 1ª Revolução Industrial, fazendo com que a produção deixasse de ser artesanal e se agrupasse em fábricas, localizadas principalmente na Inglaterra e Alemanha. A Inglaterra representada nas novelas de Charles Dickens, basicamente suja de carvão e fumaça, foi o símbolo desta era, em que o trabalho infantil e o idealismo social foram inseridos no dia a dia.

No fim do século 19 houve uma 2ª Revolução Industrial, impulsionada pela energia elétrica, com a divisão do trabalho e o início da produção em massa. Esses tempos modernos facilitaram o crescimento de uma nova potência industrial, disponibilizando produtos padronizados a baixo custo para que todos pudessem adquiri-los. Tendo o car-

ro como símbolo desta era e Henry Ford como seu ídolo, os Estados Unidos emergiram como potência mundial. “O cliente pode ter carro de qualquer cor, desde que seja preto”, era a mensagem do criador do “fordismo”, da produção em massa.

A 3ª Revolução Industrial chegou sem muito alarde, com a criação dos primeiros Controladores Lógico-Programáveis (CLP), em 1968, utilizados inicialmente na indústria automobilística. Com os CLPs, a indústria passou a ser automatizada e controlada por sistemas centrais de informação, com ganhos significativos de produtividade. Nas artes, um CLP ganhou mais inteligência e autonomia, tornando-se a estrela do filme “2001: Uma Odisseia no Espaço”, com o nome de *Hal 9000*. Nas fábricas ou na ficção, os CLPs foram fundamentais para a gestão das operações e o desenvolvimento, em larga escala, dos sistemas de controle de produção modernos.

Atualmente, uma nova revolução desponta no horizonte. O aumento exponencial da capacidade de processamento de dados, a possibilidade de conexão “das coisas” e o uso de novos materiais são as bases da chamada “indústria inteligente” ou “indústria 4.0”, abrindo um novo painel de oportunidades para empresas inovadoras, sejam maduras ou nascentes. Um recente estudo da BCG (2015) aponta os impactos da indústria inteligente e quais setores da economia seriam os mais beneficiados (**Figura 1**).

Os dados da BCG indicam que empresas de mídia, como Amazon e Netflix, vêm realizando uma série de inovações disruptivas, alterando a dinâmica dos mercados em que atuam. Em seguida, vêm os setores varejistas, telecomunicações, seguros e bancos, com inovações sendo realizadas, mas sem grandes avanços percebidos pelo mercado. E, finalmente, setores como o automotivo, logística, saúde e energia que têm investido em

inovação tecnológica, mas sem grande impacto para a indústria inteligente.

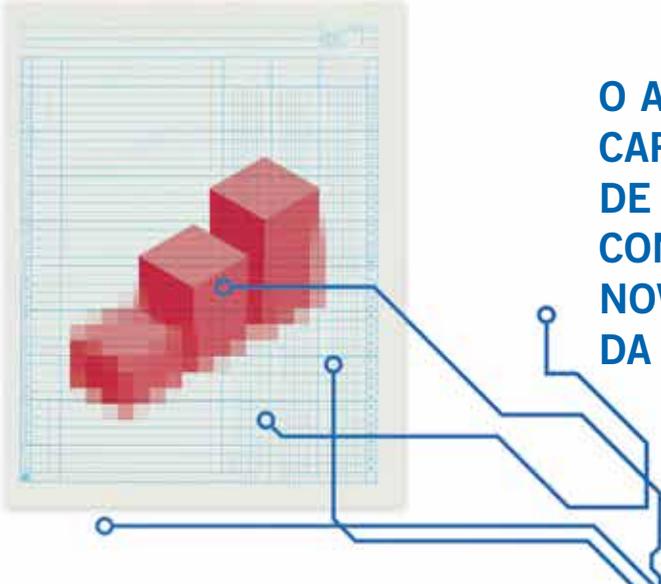
A proposta deste artigo é apresentar uma visão geral sobre a indústria inteligente, a computação cognitiva e a redução de custos, o mercado de trabalho e suas possíveis transformações, além de analisar o caso Cingapura.

SOBRE A INDÚSTRIA INTELIGENTE Afinal, o que é a indústria inteligente, ou indústria 4.0, e o seu significado? Segundo o Ministério Federal da Educação e Tecnologia da Alemanha, ela se refere à evolução tecnológica de sistemas computacionais dedicados, para sua utilização em ambientes industriais, mais conhecidos como *Cyber-Physical Systems* (CPS). Esse conceito foi definido em 2006, por James Truchard, CEO da *National Instruments*, baseado na representação virtual de um processo de manufatura em software.

FIGURA 1 | INDÚSTRIAS EM DIFERENTES ESTÁGIOS NA CORRIDA PELA DIGITALIZAÇÃO



FONTE: BCG (2015).

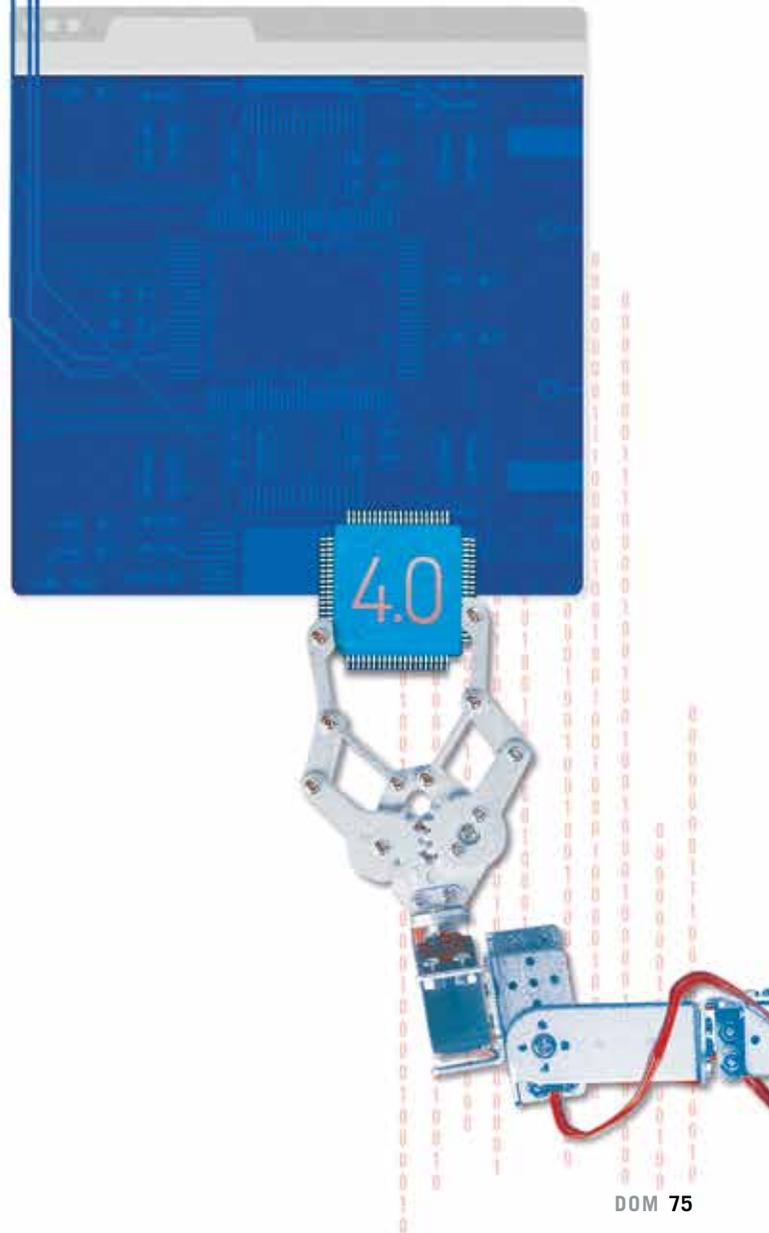


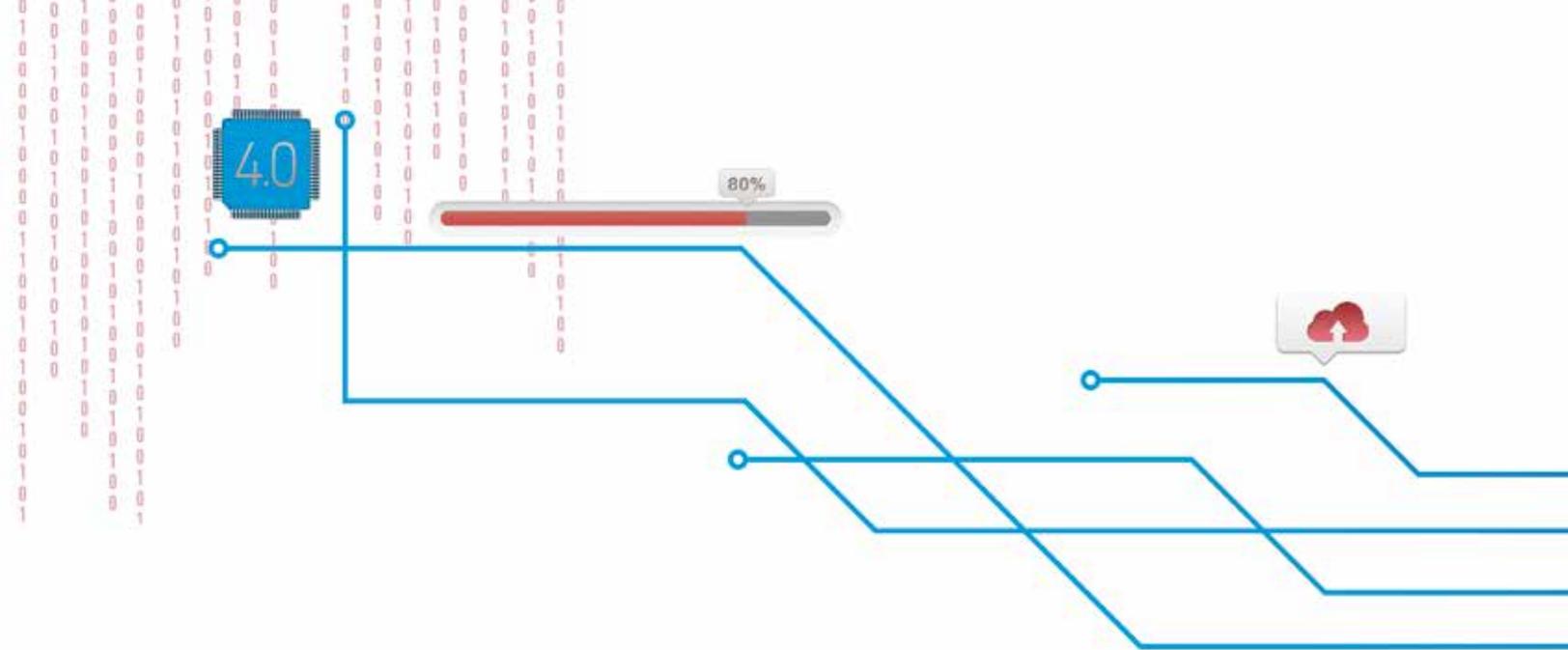
O AUMENTO EXPONENCIAL DA CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO DE DADOS, A POSSIBILIDADE DE CONEXÃO “DAS COISAS” E O USO DE NOVOS MATERIAIS SÃO AS BASES DA CHAMADA “INDÚSTRIA 4.0”

Em outras palavras, a indústria 4.0 representa a 4ª Revolução Industrial, em que processos industriais integram o mundo real e virtual. Máquinas, produtos e componentes compartilham e processam informações de forma inteligente, via sistemas conectados. Esse novo modelo de inteligência de produção permite criar uma conexão de “coisas e máquinas” inteligentes, fazendo o gerenciamento de processos de forma independente. É essa integração “ciberfísica” que representa na indústria 4.0 um aspecto crucial do processo de fabricação e produção, e a mudança de paradigma de um modelo controlado de forma centralizada para a produção descentralizada e autônoma, viabilizada pelos avanços tecnológicos.

Alguns aspectos são relevantes para a indústria 4.0:

- **Big Data** – o crescimento admirável da computação em nuvem, computação móvel e mídias sociais, com uma explosão no volume de dados corporativos. Facebook, Twitter, LinkedIn e muitas outras aplicações baseadas na nuvem não só estão aumentando a quantidade de dados, mas também seus tipos e fontes, para serem analisados e influenciarem as empresas nos processos decisórios. Curiosamente, a expressão *Big Data* surgiu no início do século 21, atribuída ao analista da Gartner, Doug Laney. Para ele, o *Big Data* é o alto volume, velocidade e variedade de ativos de informação, que requerem formas inovadoras e econômicas de processamento, para uma melhor percepção e tomada de decisão. O primeiro elemento do *Big Data* é o Volume. Dados baseados em transações armazenadas ao longo dos anos



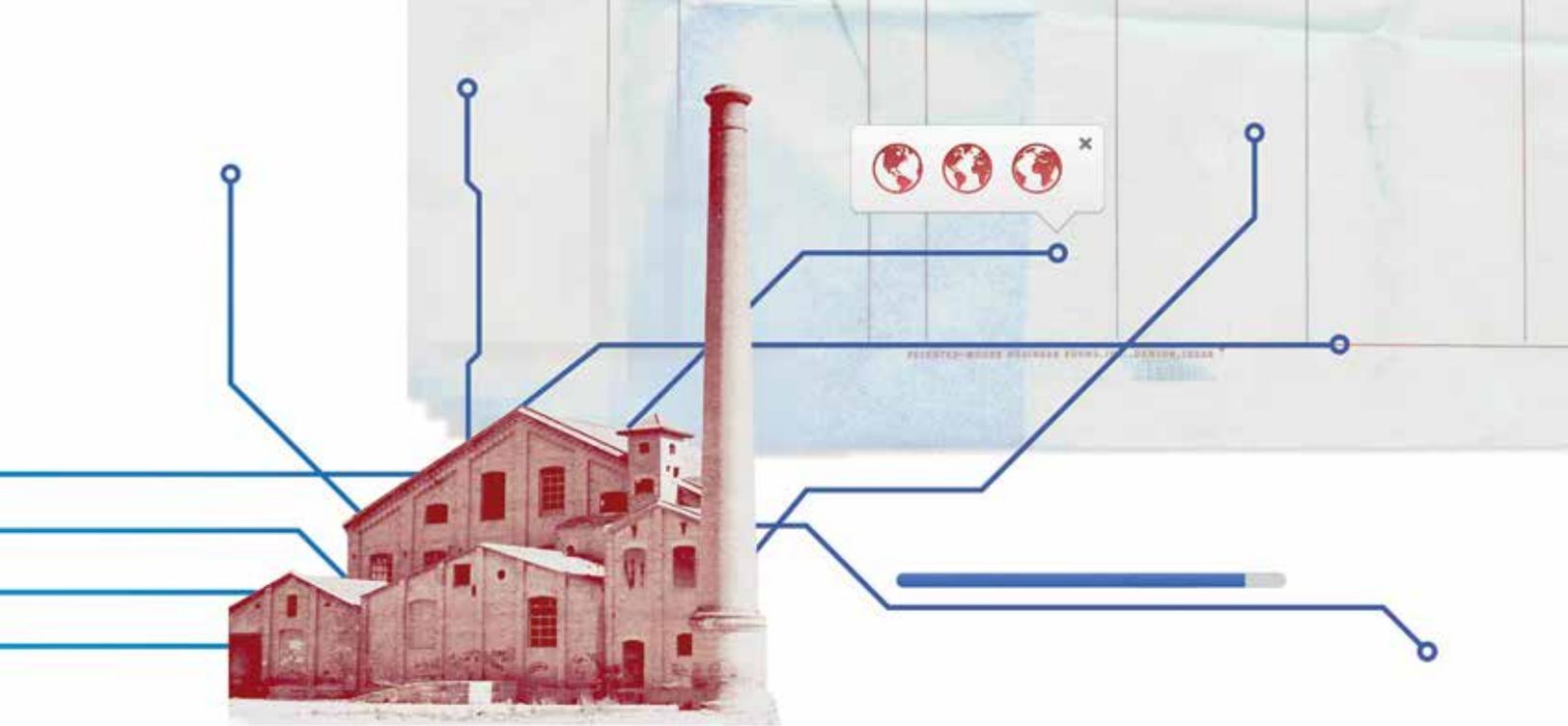


A QUANTIDADE CRESCENTE DE SENSORES E DADOS ENTRE MÁQUINAS POSSIBILITARÁ A GESTÃO DA PRODUÇÃO DE FORMA INTELIGENTE E NUNCA ANTES EXPERIMENTADA

são essenciais para análises e possíveis inovações. Para a indústria 4.0, a quantidade crescente de sensores e dados entre máquinas possibilitará a gestão da produção de forma inteligente e nunca antes experimentada. No passado, o armazenamento de volumes excessivos de dados era um problema, mas com a diminuição dos custos de armazenagem e o uso da nuvem outras questões emergem, incluindo a forma de determinar a relevância dentro de grandes volumes de dados. Os dados são transmitidos em uma Velocidade sem precedentes. As etiquetas RFID e sensores de medição inteligente impulsionaram a necessidade de lidar com grandes volumes de dados, em tempo quase real. Segundo analistas da Forbes, a Variedade é talvez o elemento mais interessante da definição de Laney. Os dados são originados em todos os tipos de formatos: estruturados, numéricos, em bancos de dados tradicionais, informações criadas a partir de aplicativos de linha de negócios, documentos não estruturados de texto, e-mail, vídeo, áudio,

dados de cotações da bolsa e transações financeiras. A maior parte pertence às organizações que os geraram, mas não são utilizados. São os chamados “dados escuros”, em analogia às matérias escuras e não vistas no universo, mas que influenciam o conjunto e o volume total de dados. O crescimento do *Big Data* é exponencial – segundo analistas, o volume total de dados cresce 40% por ano e a estimativa é que em 2020 o volume acumulado chegue a 40 zettabytes ou 80^{70} bytes.

- **Sistema Ciberfísico (CPS)** – refere-se a uma nova geração de sistemas de integração de realidades virtuais e reais. A capacidade de integração e intercâmbio de dados entre esses dois mundos é um elemento essencial para desenvolvimentos tecnológicos futuros. Oportunidades e desafios de investigação incluem a concepção e desenvolvimento de equipamentos, como aviões de última geração, equipamentos de carga e de transporte totalmente autônomos, e o desenvolvimento de próteses que permitem ao cérebro enviar sinais e controlar objetos físicos. Um exemplo de CPS já em uso é a linha de produção inteligente. A Feira de Hannover 2015 exibiu máquinas capazes de executar diversos processos de trabalho através da comunicação com os componentes. Usando sensores como RFID, ou sistemas embarcados, é possível monitorar e coletar dados de processos físicos – como direção, consumo de energia, peso, vibração em um eixo –, permitindo ao equipamento decidir de forma autônoma a próxima etapa do processo produtivo. Também está bastante avançado o desenvolvimento de sistemas que permitem que



uma fábrica seja construída, testada e operada virtualmente, antes que qualquer investimento seja feito no mundo real.

- **Internet das Coisas (IoT)** – é a base da comunicação entre o mundo real e o virtual. A partir dessa tecnologia, o mundo físico está se tornando um sistema de informações com sensores conectados em objetos de qualquer natureza, comunicando-se via IPs (protocolos de internet) próprios. Na indústria, a comunicação entre componentes, máquinas e produtos acabados resulta em ganhos significativos de produtividade. Os produtos têm a possibilidade de ter memória sobre o processo produtivo, podendo identificar em que etapa da produção houve falhas, ou como maximizar a eficiência no uso de energia ou materiais. Estudos conduzidos pelo McKinsey Global Institute revelam que a utilização da tecnologia de Internet das Coisas no processo produtivo tem potencial de gerar valor na ordem de US\$ 1,2 trilhão a 3,7 trilhões até 2025. Uma boa parte desse valor será gerado pela otimização do processo de produção. Os pesquisadores destacam que o uso de IoT colabora na redução dos custos de manutenção, gestão dos estoques e ajustes automáticos no fluxo de produção, tornando esses processos mais eficientes não apenas na linha de produção, mas também nas cadeias de suprimentos. Permite ainda que diversas fábricas se comuniquem, independente de sua localização.

INDÚSTRIA 4.0, COMPUTAÇÃO COGNITIVA E REDUÇÃO DE CUSTOS Todos os avanços da indústria 4.0 são consequências de investimentos em

Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Inovação. Em um futuro próximo, as máquinas estarão fazendo o trabalho que as pessoas realizavam. Assim, algo memorável vem sendo desenvolvido por empresas em todo o mundo, destacando os avanços citados (*Big Data* e IoT). De forma geral, países como Estados Unidos, Alemanha e Inglaterra compreenderam que a utilização de dados, através de sistemas computacionais avançados em máquinas, pode gerar sistemas produtivos com robótica, carros autônomos, diagnósticos médicos mais precisos, entre outros.

Para chegar a esse desenvolvimento foi preciso estabelecer parcerias entre universidades, empresas e problemas reais a serem resolvidos. Com o emprego de sistemas inteligentes e computadores, será possível resolver problemas empresariais, mesmo sem conhecimento prévio, reduzindo riscos e custos desnecessários. A capacidade para alcançar a solução será de responsabilidade desses sistemas inteligentes, conhecidos como computação cognitiva.

A computação cognitiva se refere à capacidade de aprendizado em escala, com ampla velocidade e interação entre máquinas e dados. O mais importante desses sistemas é a capacidade de aprendizado das máquinas, de acordo com sua utilização e novas experiências. Assim, será possível produzir com mais eficiência, quanto maior a utilização de máquinas inteligentes.

Outro aspecto relevante sobre a computação cognitiva é a queda significativa de custos de computação, por meio da utilização de micro-

COM A COMPUTAÇÃO COGNITIVA SE SOFISTICANDO, NOVOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO SERÃO CRIADOS

processadores com ampla capacidade de processamento. Diversos especialistas em computação acreditam que esses processadores serão cada dia mais velozes, com os pesquisadores focados na utilização de novos componentes para fabricar esses equipamentos, por um preço ainda menor. Com a computação cognitiva se sofisticando, novos processos de produção serão criados. Recentemente, uma empresa brasileira fabricante de aviões iniciou a produção de asas para as aeronaves com um novo sistema produtivo, tendo como alicerce uma série de sistemas cognitivos.

FUTURO DO MERCADO DE TRABALHO Todos os avanços da indústria 4.0 geram uma dúvida: qual o futuro do mercado de trabalho? Dados da OCDE, de 2015, preveem que a indústria do futuro será responsável pela geração de mais de 900 mil vagas até 2025, com destaque para a Alemanha. Isso exigirá uma revolução na formação das pessoas, combinando aspectos técnicos relacionados à produção, robótica e computação *versus* conhecimento gerencial em inovação, gestão do conhecimento e liderança. No entanto, alguns desafios deverão ser superados:

- **Qualificação** – as habilidades necessárias para o executivo da indústria inteligente são desafiadoras. Grande parte dos trabalhadores de chão de fábrica não possui formação adequada, atualmente, para uma indústria que ainda opera num modelo fabril e manual. Para níveis gerenciais e diretivos, o desafio é semelhante, com grande necessidade de formação técnica, combinada com conhecimentos gerenciais.

- **Produtividade** – conforme estudos do *The Conference Board*, as empresas deverão focar na

melhor alocação da mão de obra e redução dos custos por hora produzida. Nesse contexto, o maior desafio é a formação de gente qualificada e com grande volume de horas de treinamento, para a compreensão dos avanços possíveis da indústria 4.0. Empresas que investem em tecnologias cognitivas vêm apresentando taxas de desemprego baixas, devido ao aumento da produtividade por trabalhador.

- **Colaboração entre equipes** – empresas inteligentes serão aquelas que trabalharão em processos não mais padronizados, podendo se ajustar às demandas do mercado e a análises dos sistemas cognitivos. Nesse sentido, a formação de ambientes em que haja colaboração entre equipes, pautadas pela criatividade, inovação, confiança e ampla utilização de conhecimento, será um diferencial competitivo.

- **Reorganização do ambiente de trabalho** – com a utilização dos sistemas cognitivos, as empresas deverão repensar a gestão de seu desempenho, metas e resultados e adaptar as relações com os colaboradores. Com a utilização de computadores e sistemas, a mobilidade será um aspecto relevante (não será mais necessária a presença física no ambiente de trabalho), estimulando ganhos de produtividade na busca de novos conhecimentos e parcerias.

- **Compreensão sobre o valor do trabalho** – o colaborador do futuro será avaliado pela sua capacidade de gerar inovações, ganhos de produtividade e uma performance acima da média. A capacidade de solucionar problemas complexos, conectando conhecimento ao ambiente de trabalho e produzindo resultados, será um diferencial.

ESTUDO DE CASO: CINGAPURA E A INDÚSTRIA 4.0

São notórios os avanços da indústria 4.0, produzidos por países como Alemanha, Inglaterra, Canadá e Estados Unidos. No entanto, um estudo de caso recente e muito analisado por diversos especialistas em todo mundo é o de Cingapura, país sem acesso a recursos naturais e mercado em larga escala para produção industrial. Em recente índice publicado por pesquisadores da Universidade da Columbia, EUA, Cingapura aparece como uma nação desenvolvida em termos de digitalização e indústria 4.0, figurando no bloco dos países avançados (**Figura 2**).

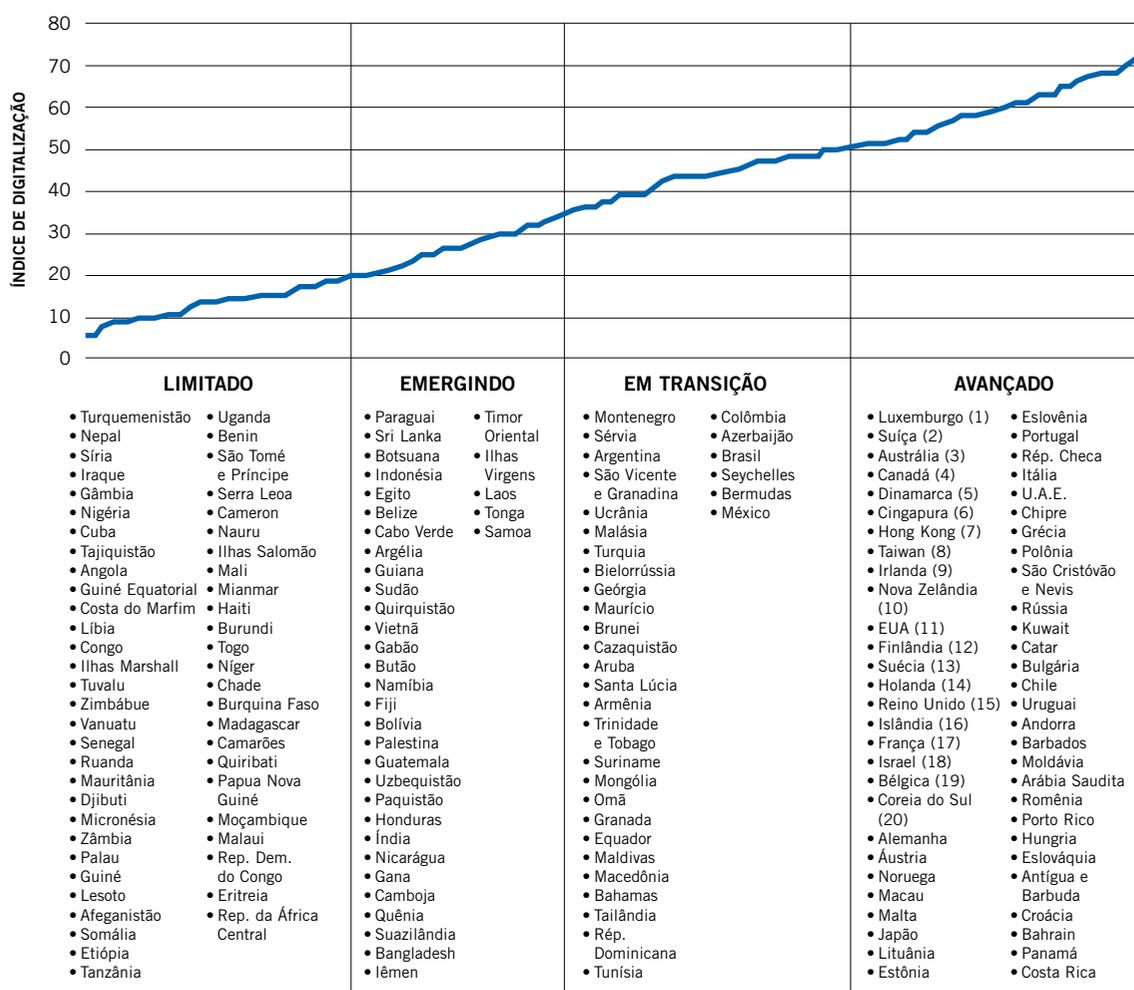
Para alcançar um estágio avançado, o governo de Cingapura tem realizado diversos esforços, como políticas associadas ao aumento da renda per capita, investimentos em infraestrutura, melhoria no acesso à Internet, políticas de dados abertos e formação de gente qualificada, firmando parcerias com as melhores universidades do mundo. Nesse sentido, dados do *Economic Development Board of Singapore* (EDB) sugerem que os governantes do país estão em busca do futuro, fazendo um planejamento estratégico com visão para os próximos 50 anos.

Com estudos econômicos sobre o potencial da produção doméstica, foi iniciada a busca de investimentos estrangeiros. O primeiro passo dado pelo

governo e por empresas locais foi a qualificação de mão obra, formando engenheiros, matemáticos e especialistas em inovação tecnológica. O segundo passo foi estimular empresas estrangeiras a instalarem sua produção no país, de acordo com a disponibilidade de mão de obra qualificada para a indústria do futuro. Para o EDB, nos próximos dez anos, o país será uma referência em indústria 4.0, com ótima remuneração para os trabalhadores e ampla geração de capital intelectual.

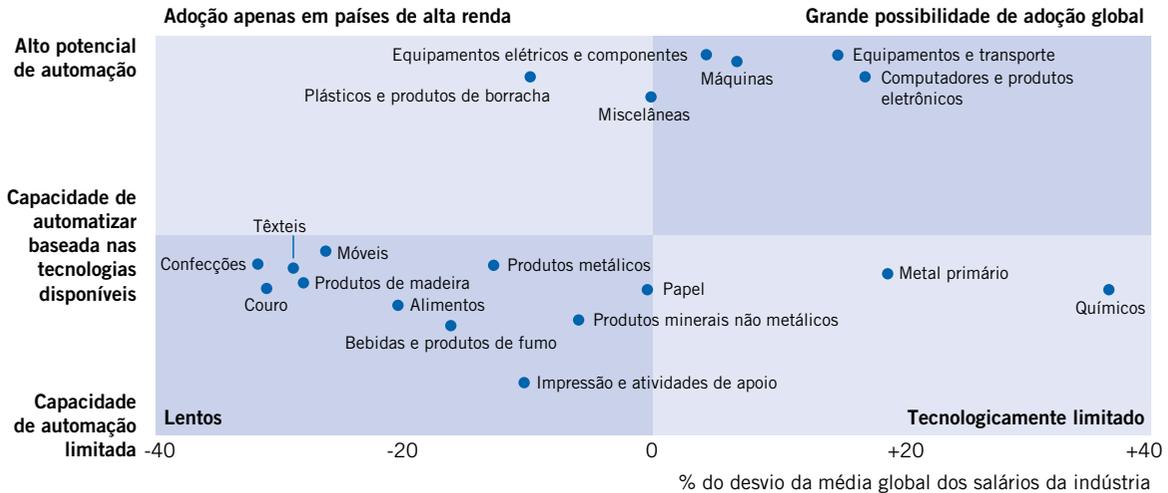
Os setores estratégicos para Cingapura são o de eletrônica, equipamentos para indústria do petróleo, transportes e produtos eletrônicos, devido à sua participação no crescimento econômico e maior facilidade para a utilização da robótica

FIGURA 2 | ÍNDICE DE DIGITALIZAÇÃO



FONTE: KATZ, KOUTROUMPIS E CALLARD (2015).

FIGURA 3 | SETORES ESTRATÉGICOS PARA INVESTIMENTOS E ADOÇÃO DE ROBÓTICA



FONTE: BCG (2014).

(Figura 3). Os maiores investimentos do país estão sendo direcionados para as tecnologias associadas à indústria inteligente, como infraestrutura de telecomunicações (considerado um dos grandes obstáculos para a indústria 4.0 e IoT) e novos materiais para microprocessadores. Além desses setores prioritários, estão sendo feitos estudos para automação de serviços, como a utilização de serviços de táxis, atendimento em restaurantes, bares e shoppings.

Os resultados desses investimentos realizados pelo governo de Cingapura referem-se à capacidade do país de gerar novas tecnologias. Para alcançar o patamar de nação com uma indústria do futuro, é preciso sofisticar o ambiente de negócios e investimentos em pesquisas, gerando novos negócios e crescimento do PIB e renda.

PANORAMA DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

Um estudo realizado pelo Núcleo de Inovação e Empreendedorismo da Fundação Dom Cabral, em parceria com a Siemens do Brasil, avaliou como 250 executivos de empresas industriais e de infraestrutura estão se preparando para aproveitar esta nova onda tecnológica. Também examinou o desempenho do Brasil nos relatórios internacionais de competitividade, conduzidos pela FDC e Fórum Econômico Mundial, principalmente nos indicadores de infraestrutura, eficiência empresarial e inovação.

A pesquisa de opinião com representantes da indústria e da infraestrutura mostra que, apesar de haver um reconhecimento crescente da importância da indústria inteligente para o desenvolvimento da competitividade do país, poucos avanços têm sido registrados, devido às constantes reduções dos investimentos em inovação e restrições de uma cultura dominante de investimentos de curto prazo.

Iniciativas do governo federal, coordenadas pelos Ministérios do Desenvolvimento, Indústria e Comércio, Comunicações, Ciências, Tecnologia e Inovação e ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, com a participação do BNDES, associações e confederações empresariais, universidades e empresas interessadas no tema, vêm promovendo uma série de estudos e eventos para discutir a chamada Manufatura Avançada. Essas entidades estão propondo políticas públicas e de incentivo e apoio ao desenvolvimento de tecnologias, componentes e empresas.

CARLOS ARRUDA é professor e coordenador do Núcleo de Inovação e Empreendedorismo da Fundação Dom Cabral.

HUGO TADEU é professor de Inovação e Produtividade da Fundação Dom Cabral.

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Em momentos de incerteza econômica, a maioria dos decisores prefere adotar uma atitude de cautela, buscando controlar custos, evitando incertezas e reduzindo seus investimentos em inovação. No entanto, segundo Schumpeter, são esses os momentos em que os empreendedores fazem a diferença, aproveitando os avanços tecnológicos para inovar. O economista entendia a inovação no seu sentido mais amplo, como a introdução de novos produtos, processos, modelos organizacionais, mercados e negócios. Foi Schumpeter que criou o termo “destruição criativa”, considerando fundamental que os empreendedores inovadores aproveitem as novas tecnologias para “destruir” o *status quo* do ambiente empresarial, “criando” uma nova realidade, com novos atores e lideranças.

O estudo conduzido pela FDC destaca que o aproveitamento de tecnologias como a Internet das Coisas, sistemas ciberfísico e *Big Data* exigirá das empresas não apenas a capacidade de adotar essas tecnologias em seus processos produtivos, mas a atitude de usá-las para desenvolver novas aplicações, gerando um valor diferenciado para o mercado. Isso significa inovar não apenas para manter a capacidade de competir, mas para criar novos produtos, processos e negócios. Uma atitude e uma capacidade de “destruição criativa” que vem se perdendo no meio empresarial brasileiro.

Essa revolução exigirá não só uma nova postura empresarial, mas também transformações no contexto empresarial brasileiro: acesso amplo à internet rápida; capacidade de acessar e operar grandes volumes de dados na nuvem, de maneira segura e eficiente; empresas de serviço em engenharia e tecnologia da informação capazes de apoiar e orientar as indústrias; pessoal treinado e qualificado para usar e inovar com essas novas tecnologias; ambiente regulatório adequado e disponibilidade de crédito para financiar de forma adequada desenvolvimento e inovações. Enfim, um ambiente em que os setores público e privado se apoiem, criando um ecossistema capaz de colaborar para a transformação das empresas existentes e o nascimento e crescimento de novas empresas.

PARA SE APROFUNDAR NO TEMA

RICH, Roman et al. *Measuring industry digitalization: leaders and laggards in the digital economy*. New York: Booz & Company, 2011. 24 p.

PEREZ, Carlota. Technological revolutions, paradigm shift and socio-institutional change. In: REINERT, Erik S. (Ed.). *Globalization, economic development and inequality*. Cheltenham: Edward & Elgar Publishing, 2004. cap. 7.

TADEU, Hugo Ferreira Braga (Org.). *Gestão de estoques: fundamentos, modelos matemáticos e melhores práticas aplicadas*. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 402 p.