

Fundação  
Dom  
Cabral

• [www.fdc.org.br](http://www.fdc.org.br) •

Relatório Técnico: Abril/2016

# Indústria 4.0 e inovação: valeria a pena investir?

PESQUISA SOBRE DIGITALIZAÇÃO

FUNDAÇÃO DOM CABRAL



DESENVOLVIMENTO DE EXECUTIVOS E EMPRESAS

## SOBRE A EQUIPE TÉCNICA DA FUNDAÇÃO DOM CABRAL (FDC)

### COORDENAÇÃO TÉCNICA DA PESQUISA SOBRE DIGITALIZAÇÃO:

**Hugo Ferreira Braga Tadeu** é professor e pesquisador da Fundação Dom Cabral (FDC), atuando no Núcleo de Inovação e Empreendedorismo. Coordenador do Centro de Referência em Inovação Nacional, atua também no Mestrado Profissional Administração e em Programas Customizados da FDC. Tem experiência em projetos de pesquisa sobre inovações financeiras, inovação no setor de saúde, indicadores de inovação, cidades inteligentes, inovação e energia, produtividade e cenários de longo prazo. Pós-doutor em Simulação pela Sauder School of Business – University of British Columbia, Canadá.

### EQUIPE TÉCNICA:

**Eduardo Stock dos Santos** é bolsista de iniciação científica da Fundação Dom Cabral, atuando no Núcleo de Inovação e Empreendedorismo. Estudante de Economia pela UFMG.

## ANÁLISES TÉCNICAS

Os impactos da Indústria 4.0 serão radicais, abruptos e amplos nos campos social, político e econômico, tendo estes temas sido abordados no relatório técnico da pesquisa sobre digitalização do mês de março/2016. Ainda assim, faz-se necessário focar na análise de um fator extremamente relevante para uma economia ou empresa: ganhos de produtividade *vis a vis* investimentos em digitalização e inovação. Para a previsão dos impactos sobre a produtividade da Indústria 4.0, é inevitável analisar o passado e o presente, e assim, projetar o futuro.

Analisando o comportamento da produtividade mundial, partindo da Primeira Revolução Industrial (século XVIII), até o tempo presente, verificam-se oscilações de curto/médio prazo, mas seguindo uma tendência crescente ao longo do período como um todo. Dentre estas oscilações, durante as três revoluções industriais ocorridas, as taxas de crescimento da produtividade foram muito superiores à taxa média verificada entre os séculos XVIII e XXI. Isto ocorreu devido ao alto grau de inovação e incorporação da inovação nas cadeias produtivas nestes períodos. Robert Solow (1956) comprova que os ganhos de produtividade, medidos pela PTF (produtividade total dos fatores), são oriundos primordialmente da inovação e do progresso técnico.

Examinando a produtividade em um período de tempo menor, entre 1890 a 2014, é possível visualizar claramente a ocorrência destas oscilações. Segue abaixo o Gráfico 01, indicando a taxa de crescimento anual da PTF nos EUA entre 1890 a 2014.

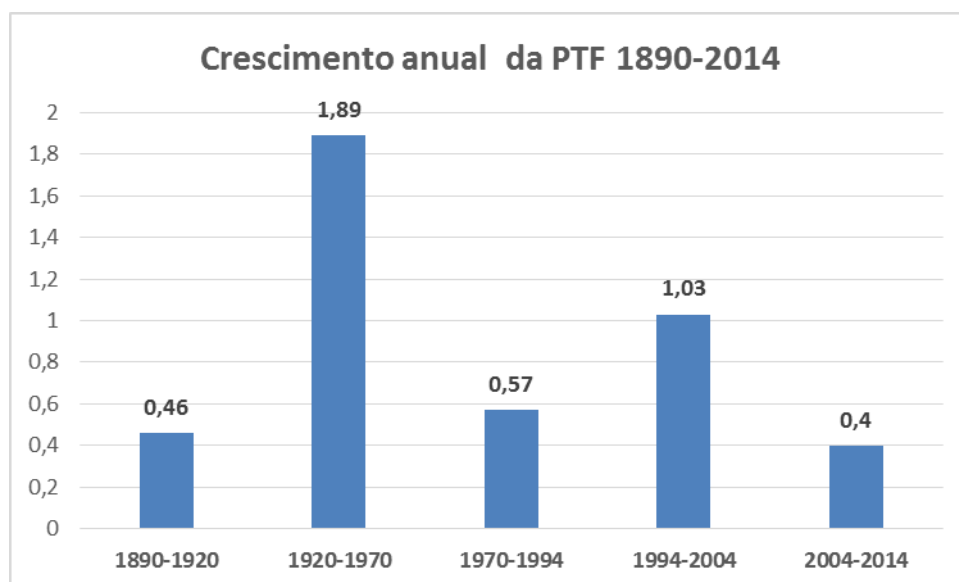


Gráfico 01: Taxa de crescimento médio anual da PTF nos EUA em pontos percentuais entre 1890-2014  
Fonte: Gordon (2016)

No período 1890-2014, notam-se dois grandes choques - o primeiro entre 1920-1970 e o segundo entre 1994-2004. Os motivadores de tais choques foram a segunda e a terceira revoluções industriais, respectivamente. Analisando os dois eventos, observam-se semelhanças e diferenças. Como semelhança, primeiramente temos um aumento da taxa de crescimento da produtividade frente aos demais períodos ilustrados no Gráfico 01. Outra semelhança consiste na ocorrência de um *delay* entre a revolução e seus impactos à produtividade. A segunda revolução industrial ocorreu entre o final do século XIX e início do século XX - já o aumento da produtividade derivado desta revolução deu-se entre 1920-1970. A terceira revolução industrial deu-se entre 1970-2000, com os ganhos de produtividade sendo verificados apenas no período entre 1994-2004. Este *delay* acontece devido à existência de um tempo de maturação entre a criação da inovação e a sua incorporação e difusão nas cadeias produtivas.

Tratando das diferenças entre os dois episódios no que tange à PTF, temos duas principais divergências. A primeira consiste no quão amplo foi o aumento da taxa de crescimento anual da produtividade. Embora em ambos os valores sejam bem superiores aos demais períodos do Gráfico 01, comparando apenas os dois episódios, verifica-se uma diferença de 83% entre as taxas de crescimento da PTF. Outra divergência seria o fato de que os impactos da Segunda

Revolução Industrial prolongaram-se por muito mais tempo do que os da Terceira Revolução. Enquanto o aumento da taxa de crescimento da PTF prolongou-se por 50 anos no primeiro choque, no segundo, o aumento deu-se por apenas 10 anos.

As explicações para estas diferenças ressaltadas acima derivam de divergências dos impactos das inovações criadas nos dois períodos no lado da oferta, ou seja, na produção. Na Segunda Revolução Industrial, as inovações criadas provocaram mudanças que abarcaram muitos âmbitos, isto é, inovações radicais nos transportes, em moradia, saúde, condições de trabalho, vestuário e comunicação. Já os avanços disruptivos da Terceira Revolução Industrial deram-se, principalmente, sobre a tecnologia da informação e a comunicação. As principais inovações da Terceira Revolução Industrial (computador pessoal e internet) foram extremamente relevantes e disruptivas, porém, limitaram-se a um âmbito muito menor pelo lado da produção. Dessa forma, muitos paradigmas ainda hoje seguem tecnologias derivadas da Segunda Revolução Industrial (telefone, automóvel, eletricidade), sendo este o principal determinante para a divergência na duração do ciclo de alto crescimento da produtividade, assim como na amplitude deste aumento.

Focando agora na avaliação do período mais recente do Gráfico 01, o intervalo entre 2004-2014, nota-se que logo após o choque de 1994-2004, há uma queda do ritmo do aumento da PTF a valores próximos a 0,4% de crescimento anual. Esta queda se dá, principalmente, via fim do “bônus” provido pela Terceira Revolução Industrial, com o esgotamento dos ganhos providos pelo episódio. Dessa forma, o incremento técnico e inovador vivido no período, embora intenso, só foi capaz de gerar um ritmo de crescimento da produtividade a valores “normais”.

Diante da breve análise do comportamento da produtividade no passado e no presente, questiona-se qual será o impacto da Indústria 4.0 quanto à produtividade. Prever que a Quarta Revolução Industrial será tão impactante quanto a segunda, é considerada uma suposição heroica (até entre os mais otimistas), devido a intensidade e amplitude inovadora alcançada na segunda revolução industrial pelo lado da produção.

As previsões dos otimistas, como Klaus Schwab, indicam patamares de crescimento semelhantes ao quadro da década 1994-2004. Os argumentos principais defendem que as novas tecnologias da Indústria 4.0 provocarão efeitos relevantes na otimização do uso de insumos na produção, além de novas possibilidades com potencial de atingir campos diversos, podendo abarcar uma amplitude maior que os atingidos na Terceira Revolução Industrial. Dessa forma, na visão de Klaus Schwab, o período 2004-2014 não incorreu em ganhos de produtividade “anormais”, devido ao *delay* de inovação *vis a vis* a produtividade, conceituada neste texto. Sendo assim, o alto grau de inovação vivido entre 2004-2014 consistiu no início do desenvolvimento das tecnologias da Indústria 4.0 para, mais tarde, haver a difusão e a incorporação deste crescimento tecnológico às cadeias produtivas, aumentando, desta forma, a produtividade agregada em um futuro próximo.

Os argumentos dos teóricos mais pessimistas, como Robert j. Gordon, indicam que o crescimento da PTF pode-se dar de maneira mais próxima ao quadro 2004-2014. Esta proposição é atribuída a fatores macroeconômicos e tecnológicos. Tratando-se dos dados macroeconômicos, há uma diminuição do crescimento da capacidade instalada industrial nos EUA, sendo o industrial o principal setor para ganhos de produtividade em uma economia. Segundo dados da Federal Reserve (FED, o Banco Central dos Estados Unidos), o crescimento anual da capacidade industrial dos EUA parte de 2,5% em 1994, chegando a valores próximos a 7% em 2000, seguido de uma queda, alcançando valores negativos pós-2010, e fechando 2015 em patamares próximos a 1% de crescimento. Há também queda do investimento líquido agregado nos EUA. Segundo dados do U.S Department of Commerce, a média do investimento líquido anual nos EUA (como porcentagem do PIB) no período 1950-2007 é de 3,2% ao ano. No intervalo 1986-2013, o investimento só ultrapassa esta média durante 4 anos (1999-2002), fechando 2013 no valor de cerca de 1% do PIB, muito abaixo da média história.

Quanto aos fatores tecnológicos, é verificada uma queda do aumento da performance de computadores em relação ao preço dos mesmos, e mudanças na lei de Moore. A lei de Moore, proposta em 1965, prevê que a velocidade de processamento dos computadores dobraria a cada 2 anos. Esta tendência foi verificada entre 1975 e 2006, porém, a partir de 2006, o tempo decorrido para o aumento de 100% na velocidade de processamento cresceu, chegando a oito anos em 2009, de modo que especialistas têm defendido o fim da lei Moore. Além disso, as principais tecnologias da Indústria 4.0 (impressão 3D, automação, Big Data e inteligência artificial) impactarão de maneira significativa a produtividade, porém, segundo Robert Gordon, o ritmo de desenvolvimento destas tecnologias não se dará de maneira rápida o bastante para gerar impactos sobre a produção semelhantes aos abruptos observados na Terceira Revolução Industrial, sendo estes distribuídos ao longo do tempo, mantendo uma taxa de crescimento “normal”.

Diante das visões apresentadas quanto ao futuro da Indústria 4.0, impactos sobre a produtividade pode-se dar de maneiras distintas. Ainda assim, um ponto é certo, a Indústria 4.0 dá início a um novo paradigma, no qual, independente da amplitude de gravidade dos possíveis cenários aqui apresentados, empresas irão experimentar oportunidades e ameaças semelhantes. Isso posto, é necessária atenção aos pontos ressaltados no relatório técnico da pesquisa sobre digitalização de março, como mudanças na dinâmica competitiva, modificação do capital humano qualificado, aumento no ritmo de inovação, disrupção e mudanças constantes, sendo estes pontos críticos para a sobrevivência das empresas.

FUNDAÇÃO DOM CABRAL



DESENVOLVIMENTO DE EXECUTIVOS E EMPRESAS

**Campus Aloysio Faria**

Av. Princesa Diana, 760  
Alphaville Lagoa dos Ingleses  
34000-000 - Nova Lima (MG) - Brasil

**Campus Belo Horizonte**

Rua Bernardo Guimarães, 3.071  
Santo Agostinho  
30140-083 - Belo Horizonte (MG) - Brasil

**Campus São Paulo**

Av. Dr. Cardoso de Melo, 1.184 - 15° andar  
Vila Olímpia  
04548-004 - São Paulo (SP) - Brasil

**Campus Rio de Janeiro**

Av. Afrânio de Melo Franco, 290  
2° andar - Leblon  
22430-060 - Rio de Janeiro (RJ) - Brasil

atendimento@fdc.org.br  
0800-941-9200

• [www.fdc.org.br](http://www.fdc.org.br) •

