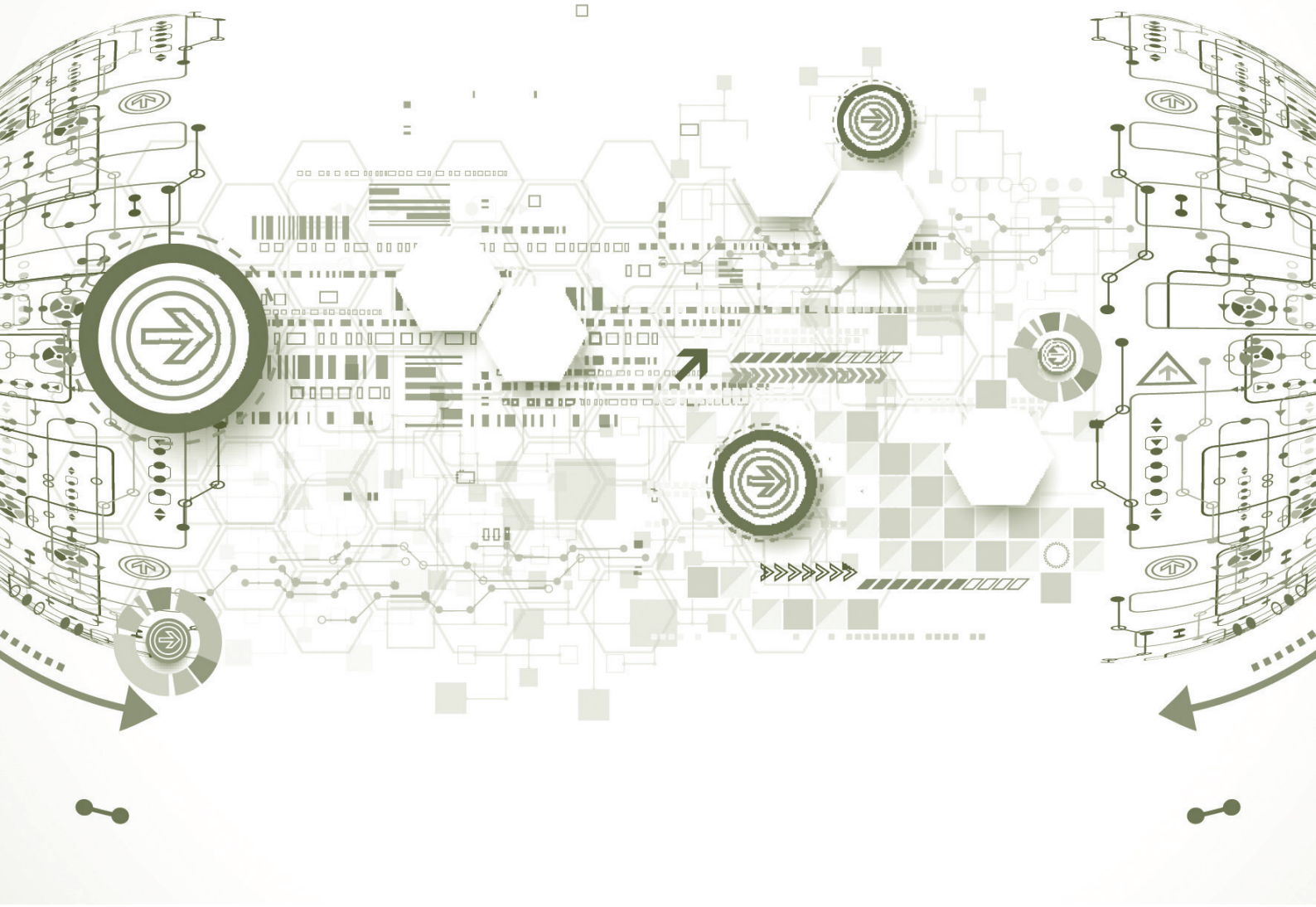
CNI



DESAFIOS PARA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

Brasília
2016

DESAFIOS PARA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Robson Braga de Andrade
Presidente

Diretoria de Desenvolvimento Industrial

Carlos Eduardo Abijaodi
Diretor

Diretoria de Comunicação

Carlos Alberto Barreiros
Diretor

Diretoria de Educação e Tecnologia

Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti
Diretor

Julio Sergio de Maya Pedrosa Moreira
Diretor-Adjunto

Diretoria de Políticas e Estratégia

José Augusto Coelho Fernandes
Diretor

Diretoria de Relações Institucionais

Mônica Messenberg Guimarães
Diretora

Diretoria de Serviços Corporativos

Fernando Augusto Trivellato
Diretor

Diretoria Jurídica

Hélio José Ferreira Rocha
Diretor

Diretoria CNI/SP

Carlos Alberto Pires
Diretor

Conselho Temático Permanente de Política Industrial e Desenvolvimento Tecnológico – COPIN

Glauco José Côrte
Presidente

Confederação Nacional da Indústria

CNI. A FORÇA DO BRASIL INDÚSTRIA

DESAFIOS PARA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

CONSELHO TEMÁTICO PERMANENTE DE POLÍTICA INDUSTRIAL E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO - COPIN

Brasília
2016

© 2016. CNI – Confederação Nacional da Indústria.
Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

CNI
Gerência Executiva de Política Industrial - GEPI

FICHA CATALOGRÁFICA

C748d

Confederação Nacional da Indústria
Desafios para a indústria 4.0 no Brasil / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília: CNI, 2016.
34 p. : il.

1. Digitalização da Economia. 2. Indústria 4.0. I. Título

CDU: 329

Agradecimentos

A CNI agradece os comentários de Jefferson de Oliveira Gomes, João Fernando Gomes de Oliveira, José Borges Frias Júnior e de Roberto Vermulm, isentando-os de qualquer responsabilidade.

CNI
Confederação Nacional da Indústria
Setor Bancário Norte
Quadra 1 – Bloco C
Edifício Roberto Simonsen
70040-903 – Brasília – DF
Tel.: (61) 3317- 9000
Fax: (61) 3317- 9994
http://www.cni.org.br

Serviço de Atendimento ao Cliente – SAC
Tels.: (61) 3317-9989 / 3317-9992
sac@cni.org.br

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO: DIGITALIZAÇÃO DA ECONOMIA ..... p. 9

2. INDÚSTRIA 4.0 ..... p. 11

3. IMPACTOS ESPERADOS ..... p. 17

4. O ESTADO DA DIGITALIZAÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA ..... p. 19

5. DESAFIOS PARA INCORPORAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL ..... p. 23

6. INICIATIVAS DE OUTROS PAÍSES PARA O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA 4.0 ..... p. 33

1 INTRODUÇÃO: DIGITALIZAÇÃO DA ECONOMIA

A digitalização é um processo cada vez mais presente na vida das empresas e das pessoas. Associada às tecnologias da informação e comunicação (TICs), a digitalização está presente em aplicações como *e-books*, música em formato digital e até mesmo os aplicativos para táxi.

O avanço da digitalização tem o potencial de revolucionar o nosso cotidiano, oferecendo soluções para importantes desafios nacionais em áreas como mobilidade urbana, com o desenvolvimento e adoção de tecnologias ligadas ao conceito de cidades inteligentes (*smart cities*); eficiência energética, com a implantação das redes elétricas inteligentes (*smart grid*); atendimento à saúde em um país com dimensões continentais como o Brasil, com o desenvolvimento, por exemplo, de soluções de saúde à distância; e produtividade industrial, com o desenvolvimento da Indústria 4.0, ou Manufatura Avançada.

FIGURA 1 – PRINCIPAIS ÁREAS DE AVANÇO COM A DIGITALIZAÇÃO

Fonte: Elaboração própria.

Um ponto comum a todas essas tecnologias é o emprego da internet como plataforma de intercâmbio de informações, permitindo a comunicação entre um número ilimitado de dispositivos, dando origem ao que se convencionou chamar internet das coisas, ou *IoT*, na sigla em inglês.

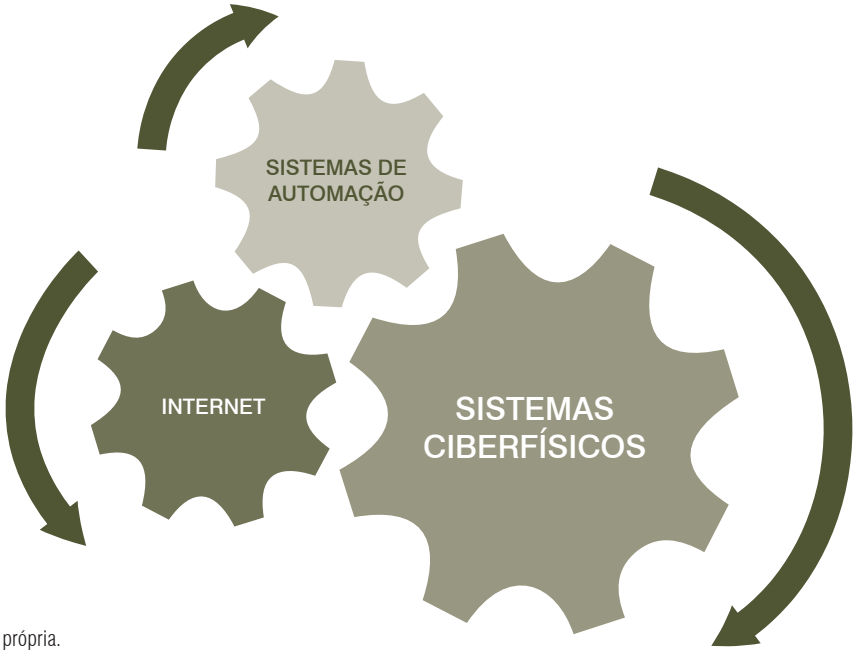
Tais tecnologias permearão todas as áreas da economia, provocando múltiplas transformações econômicas e sociais nos próximos anos. Um número crescente de dispositivos capazes de se comunicarem uns com os outros e coletar dados do ambiente e dos usuários (*e.g.* smartphones, veículos, eletrodomésticos, sistemas de iluminação), associado às tecnologias de big data, computação em nuvem e novas tecnologias de tratamento de dados, certamente abrirão espaço para a criação de novos modelos de negócios e poderá alterar a forma como as empresas se relacionam com clientes e fornecedores. As tradicionais divisões entre indústria e serviços e as delimitações dos setores industriais serão alteradas.

Dentre as muitas oportunidades de aplicação da digitalização, **o foco deste documento é a Indústria 4.0**, em função de sua relevância para a produtividade industrial.

2 INDÚSTRIA 4.0

A incorporação da digitalização à atividade industrial resultou no conceito de Indústria 4.0, em referência ao que seria a 4ª revolução industrial, caracterizada pela integração e controle da produção a partir de sensores e equipamentos conectados em rede e da fusão do mundo real com o virtual, criando os chamados sistemas ciberfísicos e viabilizando o emprego da inteligência artificial.

FIGURA 2 - INTEGRAÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0



Fonte: Elaboração própria.

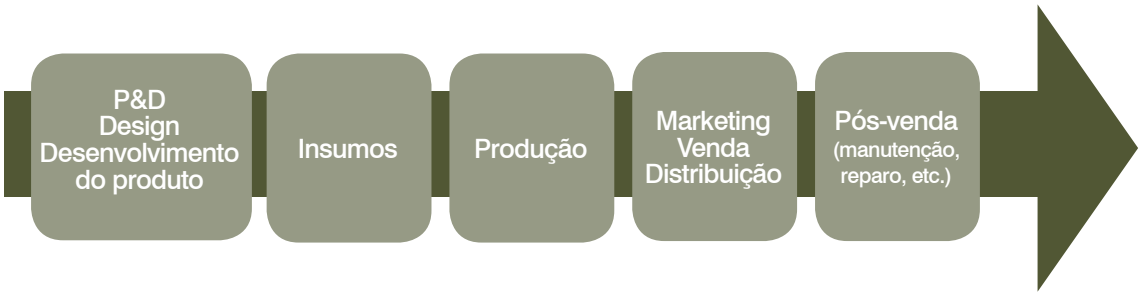
As principais tecnologias habilitadoras por trás dessa revolução incluem a já mencionada internet das coisas, o *big data*, a computação em nuvem, a robótica avançada, a inteligência artificial, novos materiais e as novas tecnologias de manufatura aditiva (impressão 3D) e manufatura híbrida (funções aditivas e de usinagem em uma mesma máquina).

FIGURA 3 - TECNOLOGIAS HABILITADORAS

Fonte: Elaboração própria.

Nessas "indústrias inteligentes", máquinas e insumos "conversam" ao longo das operações industriais com escala e flexibilidade do processo de fabricação, que, assim, ocorre de forma relativamente autônoma e integrada. Dispositivos localizados em diferentes unidades da empresa, ou mesmo de empresas diferentes, também trocam informações de forma instantânea sobre compras e estoques, permitindo uma otimização logística até então impensável, estabelecendo maior integração também entre os elos de uma cadeia produtiva. O conceito de Indústria 4.0, contudo, vai além da integração dos processos associados à produção e distribuição, envolvendo, também, todas as diversas etapas da cadeia de valor: do desenvolvimento de novos produtos, como projeto, desenvolvimento, testes e até mesmo a simulação das condições de produção, até o pós-venda.

FIGURA 4 – INTEGRAÇÃO DAS ETAPAS DA CADEIA DE VALOR

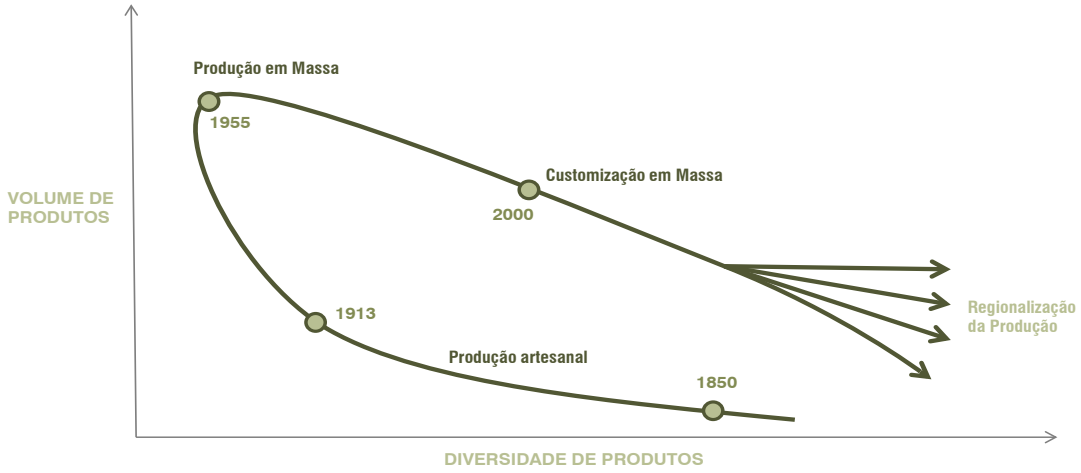


Fonte: Elaboração própria.

Os impactos irão muito além de ganhos de produtividade no chão de fábrica. Essa nova revolução industrial vai envolver o encurtamento dos prazos de lançamento de novos produtos no mercado, a maior flexibilidade das linhas de produção, com aumento da produtividade e da eficiência no uso de recursos (*e.g.* energia) e, até mesmo, a capacidade das empresas de se integrarem em cadeias globais de valor.

O aumento da flexibilidade das linhas de produção, por sua vez, viabiliza a *customização em massa*: a comunicação instantânea entre diferentes elos da cadeia produtiva e o desenvolvimento de sistemas de automação altamente flexíveis, possibilitando a produção de bens customizados de acordo com as preferências/necessidades de diferentes consumidores em um grau de eficiência que, até pouco tempo, só era possível com a fabricação massificada de bens. A customização em massa é, claramente, uma das novas características da atividade industrial moderna.

FIGURA 5 - REVOLUÇÃO DOS MODELOS DE PRODUÇÃO AO LONGO DO TEMPO



Fonte: Adaptado do "The Global Manufacturing Revolution"[1]

[1] KOREN, Yoram. *The global manufacturing revolution:* product-process-business integration and reconfigurable systems. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010. p. 34. v. 80.

APLICAÇÕES DE INDÚSTRIA 4.0 – EXEMPLOS

Na unidade de equipamentos eletroeletrônicos da Siemens em Amberg, na Alemanha, as máquinas operam 24 horas por dia, 1.000 variantes diferentes do CLP (Controlador Lógico Programável), que são encomendados automaticamente pelo sistema. A automação extrema leva a um baixíssimo índice de defeitos: 12 peças com defeito a cada um milhão produzido.

A fabricante britânica de motores aeronáuticos **Rolls-Royce**, está se preparando para usar a tecnologia de impressão 3D para produzir componentes para os seus motores. Hoje, a produção de algumas peças pode levar até 18 meses devido ao processo de ferramental envolvido. A tecnologia de impressão 3D pode encurtar este processo consideravelmente e, também, torna possível a fabricação de peças mais leves[2].

No Brasil, a **Embraer** começou a treinar de forma virtual, em 3D, o que os trabalhadores fariam no chão de fábrica um ano antes do início da produção. O projeto teve 12 mil horas de testes antes das aeronaves decolarem. Defeitos que, normalmente, seriam detectados somente com o avião no ar, foram resolvidos ainda na fase de preparação. Na linha de montagem, os operários usam computadores e tablets com tecnologia de realidade aumentada e, em caso de dúvida, há sempre um vídeo para explicar como realizar a operação. Com todos os ganhos da digitalização, o tempo de montagem já caiu 25%[3].

O **LABelectron**, Laboratório-Fábrica vinculado à Fundação CERTI (Florianópolis – SC) desenvolveu o Sistema de Gerenciamento de Informações de Chão de Fábrica, sistema de arquitetura de software estruturada em 4 módulos (Módulo Serviço de chão de fábrica, Módulo Serviço da Qualidade, Módulo Fábrica Visual e Módulo Mensageiro) implementados para a completa rastreabilidade de processos produtivos através de funcionalidades e controles de manufatura[4].

---

[2] ROLAND BERGER STRATEGY CONSULTANTS GMBH. *Industry 4.0:* the new industrial revolution. 2014. Disponível em: <https://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Industry_4_0_20140403.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2016.

[3] COSTA, Melina; STEFANO, Fabiane. A era das fábricas inteligentes está começando. *Revista Exame*. jul. 2014. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/1068/noticias/a-fabrica-do-futuro>. Acesso em: 1 mar. 2016.

[4] CERTI - Sistema de Gerenciamento de Informações de Chão de Fábrica. Disponível em: http://labelectron.org.br/competencias-sistemas-fabris-inteligentes.html

O desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil envolve desafios que vão desde os investimentos em equipamentos que incorporem essas tecnologias, à adaptação de *layouts*, adaptação de processos e das formas de relacionamento entre empresas ao longo da cadeia produtiva, criação de novas especialidades e desenvolvimento de competências, entre outras. O cruzamento de informações que permite conectar o pedido de compra, a produção e a distribuição de forma autônoma, sem que pessoas precisem tomar decisões a todo o momento, por exemplo, exigirá novas formas de gestão e engenharia em toda a cadeia produtiva.

Poucas empresas estarão preparadas para enfrentar todos estas mudanças de um vez. Existem, por outro lado, milhares de empresas que deverão participar do processo de difusão dessas novas tecnologias paulatinamente, de acordo com suas trajetórias, suas capacitações e suas estratégias. Nesse contexto, o foco de uma iniciativa visando ao desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil deve ser o de empresas que mais cedo entrarão no novo paradigma e estimular as demais a apressarem sua inserção na nova onda, sob risco de não conseguirem sobreviver no novo ambiente competitivo.

3 IMPACTOS ESPERADOS

Diversas consultorias têm estimado os impactos que o avanço da digitalização da economia poderá ter sobre a competitividade do País. A Accenture, por exemplo, estima que a implementação das tecnologias ligadas à Internet das Coisas nos diversos setores da economia deverá impactar o PIB brasileiro em aproximadamente US$ 39 bilhões até 2030[5]. O ganho pode alcançar US$ 210 bilhões, caso o País crie condições para acelerar a absorção das tecnologias relacionadas, o que depende de melhorias no ambiente de negócios, na infraestrutura, programas de difusão tecnológica, aperfeiçoamento regulatório etc.

A McKinsey estima que, até 2025, os processos relacionados à Indústria 4.0 poderão reduzir custos de manutenção de equipamentos entre 10% e 40%, reduzir o consumo de energia entre 10% e 20% e aumentar a eficiência do trabalho entre 10% e 25%[6].

FIGURA 6 – IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0

Fonte: McKinsey, 2015.

[5] ACCENTURE STRATEGY. *The growth game-changer*: how the industrial internet of things can drive progress and prosperity. 2015. Disponível em: <https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_18/Accenture-Executive-Summary-Growth-Game-Changer-Industrial-Internet.pdf#zoom=50>. Acesso em: 30 maio 2016.

[6] MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. *Unlocking the potencial of the internet of things*. jun. 2015. Disponível em: <http://www.mckinsey.com/business-functions/business-technology/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>. Acesso em: 1 jan. 2016.

Os ganhos acima descritos representam, contudo, apenas parte dos impactos que deverão ser observados. Além deles, haverá toda uma série de possíveis consequências da disseminação e da consolidação da Indústria 4.0, que exigirão uma nova concepção de política industrial para o Brasil. Entre estas, merecem destaque:

i) a redução das vantagens comparativas espúrias, que tenderão a ser solapadas pelos ganhos de produtividade decorrentes da adoção das novas tecnologias, com a possibilidade de redefinir fatores determinantes de localização de investimentos produtivos;

ii) a ampliação da cooperação entre agentes econômicos, cujas operações serão cada vez mais integradas;

iii) o reforço da competitividade que se estabelece entre sistemas produtivos, que incluem empresas, fornecedores, clientes e ambiente;

iv) o estabelecimento de novos modelos de negócios e de inserção nos mercados, com a possível redefinição de setores de atividade econômica;

v) a ampliação da escala dos negócios; e

vi) o surgimento de novas atividades e novas profissões, que demandarão adaptações no padrão de formação de recursos humanos.

4 O ESTADO DA DIGITALIZAÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA

Pesquisa da CNI[7] revela que o conhecimento da indústria brasileira sobre tecnologias digitais e a sua incorporação à produção, pré-condições para o avanço da Indústria 4.0, ainda é pouco difundido: 42% das empresas desconhecem a importância das tecnologias digitais para a competitividade da indústria e mais da metade delas (52%) não utilizam nenhuma tecnologia digital de uma lista com 10 opções.

Perfil da amostra: 2.225 empresas, sendo 910 pequenas, 815 médias e 500 grandes. De 29 Setores da Indústria de Transformação e Extrativa. Período de coleta: 4 a 13 de janeiro de 2016.

A tabela abaixo identifica as 10 tecnologias mencionadas, às quais foi acrescida "projetos de manufatura por computador CAD/CAM[8].

[7] CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Indústria 4.0. *Sondagem especial*. Brasília, n. 66, maio 2016.

[8] A opção "Projetos de manufatura por computador CAD/CAM", isto é, licenças de softwares utilizadas nas etapas de desenvolvimento e de fabricação, não se enquadra como tecnologia digital, apesar de significar maior automação da manufatura. Sua inclusão entre as opções de resposta se deu para deixar mais clara a diferença com "Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos"

TABELA 1 – LISTA DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS

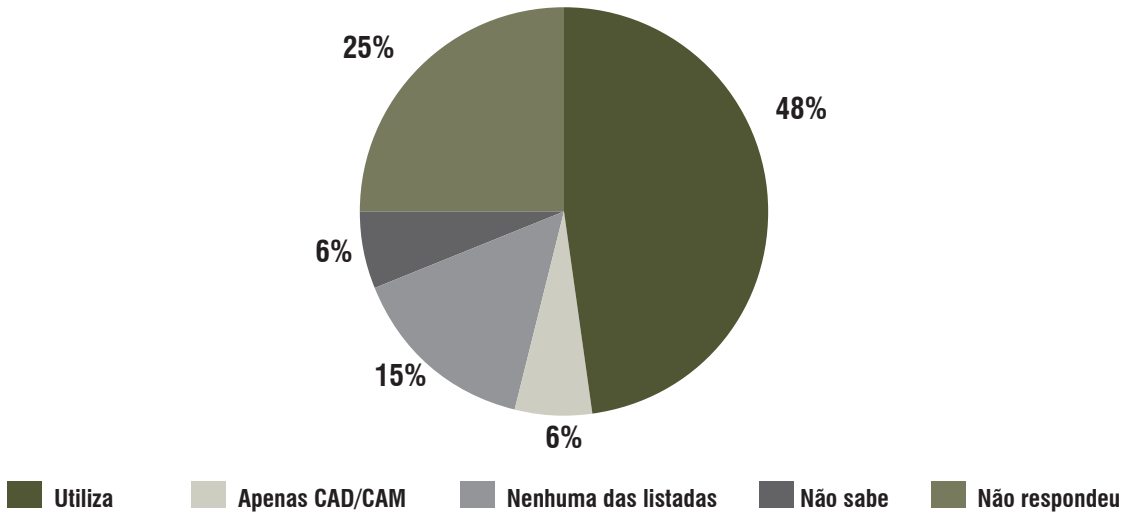
LISTA DE TECNOLOGIAS DIGITAIS	USO	IMPORTÂNCIA
Automação digital sem sensores	11	3
Automação digital com sensores para controle de processo	27	20
Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA	7	14
Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis	8	21
Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos	19	25
Manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D	5	9
Simulações/análise de modelos virtuais (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.) para projeto e comissionamento	5	5
Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (big data)	9	15
Utilização de serviços em nuvem associados ao produto	6	11
Incorporação de serviços digitais nos produtos ("Internet das Coisas" ou Product Service Systems)	4	12
Projetos de manufatura por computador CAD/CAM (2) (3)	30	9
Nenhuma das listadas	15	3
Não sabe/ não respondeu	31	39

Fonte: Sondagem Especial nº 66. Indústria 4.0. CNI. Maio de 2016.

Chama atenção que 31% das empresas consultadas não responderam ou declararam não saber se utilizavam alguma das tecnologias listadas, revelando o alto nível de desconhecimento sobre o tema.

GRÁFICO 1 - UTILIZAÇÃO DE PELO MENOS UMA DAS 10 TECNOLOGIAS DIGITAIS LISTADAS NA TABELA ACIMA

Percentual de respostas (%)



Fonte: Sondagem Especial nº 66. Indústria 4.0. CNI. Maio de 2016.

O desconhecimento é significativamente maior entre as pequenas empresas (57%). Entre as grandes, o percentual que não identificou alguma das 10 tecnologias digitais apresentadas como importante para a competitividade cai para 32%.

A análise dos setores, contudo, revela uma forte assimetria no grau de utilização dessas tecnologias. O uso é maior nos setores de Equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (61%); Máquinas, aparelhos e materiais elétricos (60%); Derivados de petróleo e biocombustíveis e Máquinas e equipamentos (ambos com 53%). Por outro lado, setores como Outros equipamentos de transporte (23%); Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos (25%); produtos farmacêuticos (27%); Minerais não metálicos (28%); Vestuário (29%) e Calçados (29%) se destacam pelo baixo uso de tecnologias digitais.

TABELA 2 - USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS

Percentual de empresas que utilizam pelo menos uma das tecnologias digitais listadas (%)

	SETOR	%
Que mais usa	Equipamentos de informática, produtos eletrônicos e outros	61
	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	60
	Coque, derivados do petróleo e biocombustíveis	53
	Máquinas e equipamentos	53
	Metalurgia	51
Que menos usa	Outros equipamentos de transporte	23
	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	25
	Produtos farmacêuticos	27
	Minerais não metálicos	28
	Vestuário	29
	Calçados	29

Fonte: Sondagem Especial nª 66. Indústria 4.0. CNI. Maio de 2016.

5 DESAFIOS PARA INCORPORAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

No médio e longo prazo, a incorporação das novas tecnologias em uma estratégia para o desenvolvimento da indústria brasileira será essencial para a competitividade do País e para melhorar a sua participação nas cadeias globais de valor.

Em alguns países a Indústria 4.0 já começa a se tornar realidade, inclusive com o apoio dos governos das principais potências econômicas, que a tem colocado no centro de suas estratégias de política industrial. Isso cria um duplo desafio para o Brasil, pois, além de buscar a incorporação e o desenvolvimento dessas tecnológicas, é preciso fazê-lo com relativa agilidade a fim de evitar que o gap de competitividade entre o Brasil e alguns de seus principais competidores aumente.

Além disso, como vem ocorrendo em outros países, a difusão das tecnologias da Indústria 4.0 no Brasil não atingirá todos os setores da mesma forma e ao mesmo tempo. O nível de heterogeneidade da nossa indústria exigirá que as políticas sejam adaptadas para diferentes conjuntos de setores e de empresas, que assumirão velocidades e condições diferenciadas.

Nesse contexto, a CNI está elaborando, no âmbito do Conselho Temático Permanente de Política Industrial e Desenvolvimento Tecnológico (COPIN), uma agenda de propostas sobre o tema. A agenda aborda sete dimensões prioritárias para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil. São elas:

i) aplicações nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores;

ii) mecanismos para induzir a adoção das novas tecnologias;

iii) desenvolvimento tecnológico;

iv) ampliação e melhoria da infraestrutura de banda larga;

v) aspectos regulatórios;

vi) formação de recursos humanos; e

vii) articulação institucional.

A seguir descrevem-se cada uma dessas dimensões.

Aplicações nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores

A integração digital das empresas ao longo das cadeias produtivas é primordial para o ganho de eficiência esperado e deverá provocar mudanças significativas nas relações entre clientes e fornecedores. Isso demandará não somente a adaptação dos processos existentes, como também o desenvolvimento e a incorporação de novas tecnologias de *hardware* e *software*.

É importante identificar as cadeias produtivas que precisarão se adaptar a este novo paradigma num prazo mais curto a fim de se manterem internacionalmente competitivas, independentemente do grau de autonomia na geração das tecnologias.

A ideia é que, antes de tudo, existe uma necessidade de avançar em direção à Indústria 4.0, pois, além da pressão competitiva oriunda de concorrentes baseados em baixos custos de fatores de produção, o desenvolvimento da Indústria 4.0 em outros países certamente aumentará a pressão competitiva sobre alguns setores da economia brasileira, que precisarão avançar na adoção dessas tecnologias mais rapidamente do que outros.

Paralelamente, a demanda de bens e serviços gerada por esta necessidade criará claras oportunidades para o desenvolvimento de fornecedores de tecnologias digitais no país. O desafio é estabelecer políticas de estímulo ao desenvolvimento tecnológico dessas empresas e à adaptação de seus produtos e serviços à realidade da Indústria 4.0 no Brasil e na economia mundial. A tarefa de qualificar a base industrial doméstica como fornecedora deste tipo de solução, que passa pelo fomento à inovação, deverá assumir graus de dificuldade distintos de acordo com a cadeia produ-

tiva analisada e o conjunto de seus ativos tangíveis e intangíveis já detidos, indicando a importância de identificação das linhas de menor resistência.

Propostas:

- Identificar setores e tipos de empresas com maior potencial para adoção de tecnologias ligadas à Indústria 4.0;
- Identificar aqueles setores/tipos de empresas cuja pressão competitiva para a adoção destas tecnologias será mais forte no curto e no médio
- Identificar setores/tipos de empresas onde possam ser gerados maiores efeitos demonstração para outras empresas e maior impacto na competitividade ao longo da cadeia;
- Criar programas para desenvolvimento de fornecedores de bens e serviços ligados às tecnologias digitais para as cadeias/setores selecionados;
- Elaborar planejamentos estratégicos para o desenvolvimento das cadeias/setores selecionados.

Mecanismos para induzir a adoção das tecnologias da Indústria 4.0

O baixo conhecimento sobre as tecnologias digitais e seus benefícios, revelado pela Sondagem Especial - Indústria 4.0, da CNI[11], indicam a necessidade de um esforço de disseminação de conhecimento sobre o tema.

A ampla oferta de tecnologias no escopo da Indústria 4.0 dificulta a identificação, por parte dos usuários, das formas mais eficientes para atender suas necessidades. Além disso, os complexos modos de funcionamento exigem elevado grau de conhecimento para que os usuários consigam empregar as tecnologias de forma eficiente.

[11] CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Indústria 4.0. *Sondagem especial*. Brasília, n. 66, maio 2016.

Um segundo desafio diz respeito à identificação dos instrumentos de política industrial capazes de viabilizar e induzir o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil.

O intercâmbio tecnológico e comercial com outros países será fundamental para o acesso ao conhecimento. Assim, a política deve fomentar esses tipos de intercâmbios para absorver, da forma mais eficiente possível, as tecnologias estrangeiras e, por outro lado, viabilizar a produção competitiva de bens e serviços considerados estratégicos.

Propostas:

- Criação de sistemas de demonstração das tecnologias associadas à indústria 4.0, aplicados a setores priorizados;
- Aperfeiçoar a tributação destinada aos setores selecionados, para que não seja um entrave ao investimento;
- Criar mecanismos de financiamento em condições diferenciadas para o desenvolvimento e adoção dessas tecnologias.

Desenvolvimento tecnológico

Em função da diversificação da indústria nacional e da atratividade do mercado doméstico, o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil criará oportunidades para o desenvolvimento de fornecedores domésticos de soluções dentro no novo ambiente tecnológico.

Para que essas oportunidades sejam adequadamente aproveitadas, será necessário desenvolver e fortalecer instrumentos de apoio ao desenvolvimento tecnológico das empresas locais. Parte do desafio envolverá a identificação, pela indústria e pelo governo, de nichos onde as barreiras à entrada sãos menores e, consequentemente, onde as possibilidades de desenvolvimento serão maiores. O tamanho e a urgência do desafio exigirá foco.

A necessidade de customização das soluções existentes para diferentes clientes, dos mais variados setores, cria evidentes oportunidades para serviços ligados, por exemplo, aos setores de *software* e integração de sistemas, onde o país já dispõe de competente base instalada.

Propostas:

• Desenvolver programas/serviços de prospecção tecnológica;

• Identificação de segmentos/nichos com maior espaço para o desenvolvimento tecnológico nacional;

• Criar programas de desenvolvimento de tecnologias específicas para as necessidades brasileiras (mission oriented), como plataformas tecnológicas demonstrativas ou testbeds;

• Direcionar o esforço de ICT e empresas para o desenvolvimento de determinadas tecnologias, adotando o modelo de plataformas tecnológicas, entre outras possibilidades;

• Criar programas que facilitem o intercâmbio tecnológico e comercial, principalmente com países líderes nessas tecnologias.

Infraestrutura

Na Indústria 4.0 os fluxos de informações são essenciais para o funcionamento da produção. Assim, a limitada infraestrutura de banda larga e rede móvel são entraves para seu funcionamento.

Propostas:

• Fortalecer programas de estímulo ao investimento em banda larga e rede móvel;

• Revisar o modelo de telecomunicações a fim de que os recursos públicos possam ser utilizados para viabilizar investimentos de infraestrutura de telecomunicação, independente do regime de prestação do serviço.

Regulação

As transformações tecnológicas embarcadas na Indústria 4.0 demandam coordenação institucional diferente dos modelos existentes. A arquitetura da Internet pode ser dividida em camadas, cada qual com características próprias. É possível segmentá-la[12] em infraestrutura física (cabos, satélites, dispositivos), lógica (padrões técnicos) e aplicações (conteúdos). Sobre os atores, é possível dividi-los em provedores de conexão, provedores de aplicação, provedores de infraestrutura de telecomunicações, indústria de bens de informática, de bens de telecomunicações e de software, e ainda, setor empresarial usuário.

O agrupamento de camadas e atores conforme características em comum possibilita a identificação das demandas regulatórias específicas. Provedores de conexão e provedores de infraestrutura de telecomunicações podem considerar como prioritária a reforma da Lei Geral de Telecomunicações, a indústria de software pode demandar maior proteção às suas criações intelectuais, provedores de aplicações podem elencar como prioritárias as normas relativas ao tratamento de dados pessoais, o setor empresarial usuário pode demandar leis sobre cibersegurança, e assim por diante. Em todos os casos, é preciso que a regulação atue como indutora da inovação e da mudança tecnológica.

No que diz respeito à definição de padrões técnicos, é importante destacar que o processo regulatório da governança da internet é caracterizado pela estrutura *bottom-up*, ou seja, a partir da deliberação em fóruns globais específicos, como *W3C (World Wide Web Consortium)*, *IETF (Internet Engineering Task Force)*, *ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)* e *IGF (Internet Governance Forum)*.

Propostas:

- Revisar o modelo de telecomunicações a fim dos recursos públicos possam ser utilizados para viabilizar investimentos de infraestrutura de telecomunicação, independente do regime de prestação do serviço;
- Oferecer proteção intelectual adequada;

[11] KURBALIJA, Jovan. *An introduction to internet governance.* 6. ed. 2014. Disponível em: <https://issuu.com/diplo/docs/an_introduction_to_ig_6th_edition/1>. Acesso em: 30 maio 2016.

• Garantir que a legislação sobre tratamento de dados pessoais não impeça o fluxo de dados internacional, tampouco a coleta e o tratamento de dados em sistemas máquina-máquina;

• Adotar padrões de cibersegurança a fim minimizar o número de ciberataques, bem como legislação adequada prevenir e responder aos incidentes;

• Adotar uma abordagem internacional relacionada à regulamentação técnica para minimizar eventuais efeitos negativos relacionados à falta de interoperabilidade.

Recursos humanos

As novas formas de produção decorrentes da Indústria 4.0 exigem profissionais com formação distinta das existentes. A integração de diversas formas de conhecimento, característica desse modo de produção, exigirá equipes multidisciplinares, com elevado nível de conhecimento técnico e com capacidade de interação de diferentes áreas de conhecimento.

Propostas:

• Criação de novos cursos técnicos para atender necessidades específicas;

• Reformulação de cursos nas áreas de engenharia, administração e entre outros, para adequar as novas necessidades dessas tecnologias;

• Criação de cursos de gestão da produção multidisciplinar com ênfase em Indústria 4.0;

• Incentivar programas de competências tecnológicas nas empresas.

Articulação Institucional

A atuação coordenada entre os diversos atores públicos que lidam direta ou indiretamente com os temas ligados à digitalização da economia, bem como a articulação destas com associações e empresas privadas, será fundamental para que o Brasil consiga aproveitar todas as oportunidades associadas à incorporação e ao desenvolvimento de soluções no país.

O avanço da digitalização da economia em suas várias áreas de aplicação demandará soluções específicas para cada uma delas, mas que empregam tecnologias viabilizadoras similares (TICs) e se utilizam da mesma infraestrutura, como as já citadas redes elétricas inteligentes, cidades inteligentes, soluções de saúde à distância etc. Cada uma está, a princípio, sob responsabilidade de diferentes órgãos da administração pública e podem ser desenvolvidas separadamente. A atuação coordenada, contudo, pode gerar ganhos de escala e eficiência e, combinadas com instrumentos de política industrial, viabilizar o desenvolvimento de novas atividades ligadas à digitalização.

Propostas:

- Participação e construção de grupos de trabalho reunindo os diversos órgãos do governo envolvidos com o tema;
- Elaborar um plano conjunto, entre ministérios e instituições, para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil e determinação de um órgão gestor centralizado, como forma de explorar sinergias e integrar instrumentos de política sob o controle de diferentes órgãos;
- Promoção de feiras, seminários e congressos sobre o tema.

5.1 RELAÇÕES ENTRE AS DIMENSÕES

As dimensões definidas neste estudo são complementares e seguem uma lógica específica para determinação do desenho das propostas. Nessa perspectiva, a dimensão “Aplicações nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores” aparece como elemento chave para o desenvolvimento das demais, pois os setores, em função de suas peculiaridades, demandam mecanismos

distintos para seu desenvolvimento. Para isso, estabelecer critérios claros para selecionar setores prioritários é fundamental para direcionar as propostas relacionadas às outras dimensões.

Além dessa dimensão determinante, a dimensão de "Articulação Institucional" é a base para sustentar e implementar as propostas, pois a atuação coordenada entre os diversos atores públicos e privados será fundamental para que o Brasil consiga aproveitar todas as oportunidades associadas à incorporação e ao desenvolvimento dessas soluções no país.

FIGURA 7 - RELAÇÕES ENTRE AS DIMENSÕES

Fonte: Elaboração própria.

6 INICIATIVAS DE OUTROS PAÍSES PARA O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA 4.0

Nos últimos anos, a Indústria 4.0 ganhou espaço na agenda de desenvolvimento industrial de diversos países, como: Alemanha, Estados Unidos, China, Japão e Coréia do Sul.

Na Alemanha, o desenvolvimento da Indústria 4.0 é tratado como prioritário para o país ampliar sua competitividade. O tema é abordado em um conjunto de ações de instituições e de empresas[13]. O relatório *"Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0"* [14], da Academia Alemã de Ciência e Engenharia (ACATECH), lançado em 2013, é uma dessas iniciativas[15]. O relatório estabelece estratégia para o país se tornar o principal fornecedor de tecnologias de produção inteligentes e integrar a produção com outros países líderes, com o objetivo de acompanhar tecnologias e gerar padrões.

---

[13] GERMANY TRADE & INVEST. *Industrie 4.0:* smart manufacturing for the future. jul. 2014. Disponível em: <http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf>. Acesso em: 1 jan. 2016.

[14] FORSCHUNGSUNION; ACATECH. *Securing the future of German manufacturing industry:* recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. abr. 2013. Disponível em: <http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf>. Acesso em: 1 jan. 2016.

[15] ACATECH. *Works and results.* abr. 2013. Disponível em: <http://www.acatech.de/uk/home-uk/work-and-results.html>. Acesso em: 1 jan. 2016.

Os Estados Unidos lançaram, em 2012, a *Advanced Manufacturing Partnership (AMP)*, formada por representantes de empresas, universidades, governo e institutos de pesquisas para discutir e apresentar propostas para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no país. Essa iniciativa está aliada às medidas de reindustrialização desenvolvidas na última década nos EUA. Em 2014, o grupo apresentou o *"Report to the President. Accelerating U.S. Advanced Manufacturing"*[16], com uma série de medidas para o desenvolvimento das tecnologias associadas a esse modo de produção. O relatório propõe, ainda, a implementação de um plano estratégico nacional para Indústria 4.0.

Na China, o 12º Plano Quinquenal (2011-2015) apresenta a Indústria 4.0 como um dos sete temas emergentes apoiados pelo governo, estabelecendo cinco setores como prioritários: equipamentos modernos, automotivo, siderúrgico, petroquímico e construção naval.

No Japão, o *National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)* criou, em 2008, o *Advanced Manufacturing Research Institute (AMRI)*, composto por uma gama de grupos de pesquisas que têm como objetivo a troca de conhecimento e desenvolvimento de projetos conjuntos.

Na Coréia do Sul, foi criado o *Korea Advanced Manufacturing System (KAMS)*, projeto que tem como objetivo desenvolver novos processos e tecnologias para gerenciamento e integração de sistemas manufatureiros. O projeto foi criado pelo Korea Institute of Industrial Technology (KITECH) com apoio do Ministério do Comércio, Indústria e Energia e do Ministério da Ciência e Tecnologia.

No Brasil, o Ministério das Comunicações[17] criou, no final de 2014, a Câmara Máquina a Máquina (M2M) e Internet das Coisas, com objetivo de desenvolver o "Plano Nacional de Comunicação M2M e Internet das Coisas". A Câmara é composta por uma gama de associações e Ministérios, dividida em diversos subgrupos, sendo um deles o de Produtividade Industrial e Indústria 4.0, do qual a CNI faz parte. Recentemente, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) criaram o Grupo de Trabalho de Indústria 4.0, com a participação de diversas instituições, entre elas a CNI, com objetivo de elaborar o plano de ação para Indústria 4.0 no Brasil.

[16] ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. *Accelerating U.S.* advanced manufacturing. out. 2014. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20_report_final.pdf>. Acesso em: 1 jan. 2016.

[17] BRASIL. Ministério das comunicações. *Portaria n° 1.420, de 8 de outubro de 2014.* Disponível em: <http://editoramagister.com/legis_26044825_PORTARIA_N_1420_DE_8_DE_OUTUBRO_DE_2014.aspx>. Acesso em: 30 maio 2016.

CNI

DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – DDI
Carlos Eduardo Abijaodi
Diretor de Desenvolvimento Industrial

Gerência-Executiva de Política Industrial - GEPI
João Emilio Padovani Gonçalves
Gerente-Executivo de Política Industrial - GEPI

Vinicius Fornari
Fabiano Barreto
Equipe Técnica

DIRETORIA DE POLÍTICAS E ESTRATÉGIA – DPE
José Augusto Coelho Fernandes
Diretor de Políticas e Estratégia

Gerência-Executiva de Pesquisa e Competitividade – GPC
Renato da Fonseca
Gerente-Executivo de Pesquisa e Competitividade

Samantha Cunha
Equipe Técnica

Carla Regina Pereira Gadêlha
Produção Editorial e Diagramação

DIRETORIA DE SERVIÇOS CORPORATIVOS – DSC
Fernando Augusto Trivellato
Diretor de Serviços Corporativos

Área de Administração, Documentação e Informação – ADINF
Maurício Vasconcelos de Carvalho
Gerente-Executivo de Administração, Documentação e Informação

Gerência de Documentação e Informação – GEDIN
Mara Lucia Gomes
Gerente de Documentação e Informação

Alberto Nemoto Yamaguti
Normalização

DIRETORIA DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA – DIRET

Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti
Diretor de Educação e Tecnologia

Júlio Sergio de Maya Pedrosa Moreira
Diretor Adjunto de Educação e Tecnologia

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL - SENAI

Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti
Diretor-Geral

DIRETORIA ADJUNTA
Julio Sergio de Maya Pedrosa Moreira
Diretor Adjunto

Gustavo Leal Filho
Diretor de Operações do Departamento Nacional do SENAI

Gerência Executiva de Inovação e Tecnologia - UNITEC
Marcelo Fabrício Prim
Gerente-Executivo de Inovação e Tecnologia

IEL/NC

Paulo Afonso Ferreira
Diretor-Geral

Paulo Mól
Superintendente

Diretoria de Inovação – DI

Gianna Sagazio
Diretora de Inovação

CNI

Confederação Nacional da Indústria

CNI. A FORÇA DO BRASIL INDÚSTRIA