



INDUSTRIALIZAÇÃO NA ERA DA DIGITALIZAÇÃO AVANÇADA

FEVEREIRO/2020

CONSELHO DO IEDI

<i>Conselheiro</i>	<i>Empresa</i>
Agnaldo Gomes Ramos Filho	Eldorado Brasil Celulose S.A.
Alberto Borges de Souza	Caramuru Alimentos S.A.
Amarílio Proença de Macêdo	J.Macêdo Alimentos S.A.
Carlos Eduardo Sanchez	EMS - Indústria Farmacêutica Ltda.
Carlos Mariani Bittencourt	PIN Petroquímica S.A.
Cláudio Bardella	Bardella S.A. Indústrias Mecânicas
Claudio Johannpeter	Gerdau Aços Longos S.A.
Cleiton de Castro Marques	Biolab Sanus Farmacêutica Ltda.
Dan Ioschpe <i>Presidente</i>	Ioschpe-Maxion S.A.
Daniel Feffer	Grupo Suzano S.A.
Décio da Silva	WEG S.A.
Eduardo de Salles Bartolomeo	Vale S.A.
Erasmus Carlos Battistella	BSBio Ind. E Com. de Biodisel Sul Brasil S.A.
Eugênio Emílio Staub	Conselheiro Emérito
Fabio Hering	Companhia Hering S.A.
Fabio Mazzini	Mangels Industrial S.A.
Fernando Musa	Braskem S.A.
Flávio Gurgel Rocha	Confecções Guararapes S.A.
Francisco Gomes Neto	Embraer S.A.
Hélio Bruck Rotenberg	Positivo Informática S.A..
Henri Armand Slezynger	Unigel S.A
Horacio Lafer Piva	Klabin S.A.
Ivo Rosset	Rosset & Cia. Ltda.
Ivocy Brochmann Ioschpe	Conselheiro Emérito

CONSELHO DO IEDI

<i>Conselheiro</i>	<i>Empresa</i>
João Guilherme Sabino Ometto	Grupo São Martinho S.A.
José Roberto Ermírio de Moraes	Votorantim Participações S.A.
Josué Christiano Gomes da Silva	Cia. de Tecidos Norte de Minas-Coteminas
Lírio Albino Parisotto	Videolar S.A.
Lucas Santos Rodas	Companhia Nitro Química Brasileira S.A.
Luiz Aguiar	Paranapanema S.A.
Luiz Alberto Garcia	Algar S.A. Empreendimentos e Participações
Luiz Carlos Cavalcanti Dutra Junior	Mover Participações S.A.
Luiz Cassiano Rando Rosolen	Indústrias Romi S.A.
Marco Stefanini	Stefanini S.A.
Paulo Diederichsen Villares	Membro Colaborador
Paulo Francini	Membro Colaborador
Paulo Guilherme Aguiar Cunha	Conselheiro Emérito
Pedro Luiz Barreiros Passos	Natura Cosméticos S.A.
Pedro Wongtschowski <i>Vice-Presidente</i>	Ultrapar Participações S.A.
Raul Calfat <i>Vice-Presidente</i>	Aché Laboratórios Farmacêuticos S.A.
Ricardo Steinbruch	Vicunha Têxtil S.A.
Roberto Caiuby Vidigal	Membro Colaborador
Rodolfo Villela Marino	Itaúsa - Investimentos Itaú S.A.
Rubens Ometto Silveira Mello	Cosan S.A. Ind. e Com.
Salo Davi Seibel <i>Vice-Presidente</i>	Duratex S.A.
Sergio Francisco Monteiro de Carvalho Guimarães	Monteiro Aranha S.A.
Sérgio Leite de Andrade	Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais - USIMINAS
Victório Carlos De Marchi	Cia. de Bebidas das Américas - AmBev

INDUSTRIALIZAÇÃO NA ERA DA DIGITALIZAÇÃO AVANÇADA

Sumário	5
Introdução.....	7
O engajamento dos países na produção digital avançada	8
As diferenças setoriais na adoção das novas tecnologias	12
Emprego e as novas tecnologias	17
Robôs industriais e o emprego	19
A absorção de tecnologia pelas firmas de países em desenvolvimento	21
O risco da reorganização na produção global	26
O impacto sobre a sustentabilidade ambiental	28
Difusão para os países em desenvolvimento	29

INDUSTRIALIZAÇÃO NA ERA DA DIGITALIZAÇÃO AVANÇADA

Sumário

A Unido, em seu “Industrial Development Report 2020”, traz uma visão abrangente da industrialização na era digital, analisando o papel transformador de um conjunto de tecnologias da Quarta Revolução Industrial, que combina hardware (robôs avançados e impressoras 3D), software (análise de big data, computação em nuvem e inteligência artificial) e conectividade (internet das coisas – IoT). Este Estudo IEDI sintetiza as principais evidências e conclusões apresentados pelo estudo e mostra que o Brasil não está tão mal posicionado.

Estas tecnologias de produção digital avançada, segundo a Unido, não estão apenas influenciando a maneira como os bens são produzidos pela indústria, mas também têm a capacidade de modificar a organização industrial, ou seja, como os diferentes segmentos industriais estão ligados entre si e com outras atividades produtivas nas cadeias de valor.

Por exemplo, o desenvolvimento e difusão dessas inovações tendem a requerer maior apoio dos serviços de negócios intensivos em conhecimento, a exemplo de serviços de tecnologia da informação (análise de dados de clientes em tempo real) e de pesquisa e desenvolvimento (customização em massa de produtos). O uso destes serviços na produção ajuda a indústria a diferenciar produtos, além de incrementar conhecimentos e habilidades.

O estudo destaca ainda a forte assimetria que existe entre os países tanto na criação como na adoção das novas tecnologias digitais. A Unido agrupou 167 países em função de sua posição frente à criação e difusão dessas tecnologias: pioneiros inovadores; seguidores (produtores ou usuários); retardatários (produtores ou usuários); e retardatários absolutos.

Os pioneiros formam um grupo seletivo de apenas dez países (entre eles, EUA, Japão, Alemanha, China, França e Coreia do Sul) e lideram a criação de tecnologias de produção digitalizada avançada. Em contrapartida, mais da metade da amostra (88 países) possui pouco ou nenhum envolvimento com essas tecnologias. O Brasil, por sua vez, situa-se em uma posição intermediária, ao pertencer ao grupo de seguidores produtores, juntamente com outros 23 países, como Austrália, Bélgica, Canadá, Índia e Singapura.

Ou seja, embora o Brasil se encontre acima da média apenas no quesito importação de tecnologias como robôs industriais, CAD-CAM (Computer-Aided Design - Computer-Aided Manufacturing) e manufatura aditiva, o país também tem competências tecnológicas (patentes) nestas áreas. Isso significa que estamos melhor posicionados na produção digital

avançada do que a maioria dos outros emergentes, tais como México, Turquia, África do Sul e Chile.

A Unido credita à presença maior ou menor de setores industriais intensivos em tecnologia e digitalização esta diferença de níveis de engajamento entre os países na produção digitalizada avançada. Segundo o organismo, são os ramos de informática, eletrônicos e maquinário e de equipamento de transporte os mais intensivos nestas tecnologias.

A seguir, outros destaques do relatório da Unido:

- **Serviços.** Os serviços de negócios intensivos em conhecimento, estão mais presentes em países desenvolvidos e vêm aumentando desde 2005, contribuindo para a difusão das tecnologias de produção digitalizada avançada. Para a Unido, se tornará cada vez mais difícil nos países emergentes ampliar a participação de serviços de maior qualidade sem aumentar substantivamente a intensidade de conhecimento na produção industrial.
- **Emprego.** Embora as novas tecnologias tenham capacidade de reduzir empregos, sua difusão pode ser obstruída onde a remuneração do trabalho é baixa, como nos setores intensivos em mão de obra, sobretudo nos países em desenvolvimento. Além disso, haverá também geração de novos postos, de modo que o resultado líquido final sobre o emprego ainda é incerto.
- **Comércio Internacional.** Nos países desenvolvidos, a evidência geral do *backshoring* (a volta de empresas para os países de origem) ainda é escassa e os resultados mostram que apenas 5,9% de 2.500 empresas analisadas pela Unido em um conjunto de países desenvolvidos trouxeram de volta suas etapas produtivas aos países de origem.
- **Sustentabilidade.** As tecnologias relacionadas a robôs, aprendizado de máquina e CAD-CAM e, em menor medida, a fabricação aditiva possuem o papel de mitigar as emissões de gases de efeito estufa. O relatório mostra que países em desenvolvimento possuem entendimento de que essas tecnologias levarão a melhorias ambientais.

Por fim, a Unido identifica desafios a serem enfrentados pelos países em desenvolvimento para que possam ter maior protagonismo no novo cenário tecnológico. Entre estes desafios estão: obter as capacitações para absorver, implantar e difundir as tecnologias; modernizar e adaptar plantas produtivas; criar infraestrutura digital; assegurar recursos financeiros (lucros retidos e financiamento) para aquisição das tecnologias de produção digital avançada etc.

Introdução

A Quarta Revolução Industrial tem sido associada à crescente convergência de domínios tecnológicos diferentes – digitalização da produção, nanotecnologia, biotecnologia e novas tecnologias em materiais – e sua complementaridade na produção. O relatório Investment Development Report 2020 da Unido discute, neste contexto, as tecnologias de produção digital avançada (PDA), que combinam hardware (robôs avançados e impressoras 3D), software (análise de big data, computação em nuvem e inteligência artificial) e conectividade (internet das coisas – IoT).

O surgimento e a difusão de tecnologias de PDA estão alterando radicalmente a natureza da produção industrial e “borrando” as fronteiras entre os sistemas físicos e digitais de produção. O relatório da Unido destaca que, sob determinadas condições, a adoção destas tecnologias pode promover o Desenvolvimento Industrial Inclusivo e Sustentável e a conquista dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas pelos países em desenvolvimento.

A indústria, portanto, continua a ser a principal via para o desenvolvimento de um país, segundo a Unido. Uma vez que é por meio da indústria que os países poderão desenvolver e fortalecer as habilidades e as capacitações necessárias para o surgimento de um modo de produção ambiental e socialmente mais responsável.

O engajamento dos países na produção digital avançada

Para caracterizar os principais agentes que criam e difundem tecnologias de produção digital avançada (PDA) aplicadas à manufatura, a Unido se concentra na análise de três tecnologias: robôs industriais, CAD-CAM e manufatura aditiva. A partir de dados de inovação e comércio relacionados à estas tecnologias, o estudo caracteriza os países como criadores ou difusores de tecnologias de PDA.

Como mostra a figura a seguir, os 167 países são divididos em seis grupos baseados em três critérios: inovação (medido pelas patentes), exportação e importação de bens que incorporam tecnologias de PDA aplicadas à manufatura. Assim, os países são classificados em:

1. Pioneiros inovadores. Grupo de 10 países que possuem 100 ou mais patentes globais em tecnologias de produção digital avançada. Isto é, são os líderes em inovação e/ou exportação dessas tecnologias.

2. Seguidores produtores. Grupo de 23 países divididos em seguidores produtores como *inovadores* - subgrupo de países que possui, ao menos, 20 patentes regulares (não globais), ou 10 patentes globais aplicadas em tecnologias de produção digital avançada; e *seguidores produtores como exportadores* - subgrupo de países que possui uma relativa especialização na exportação de bens relacionados às tecnologias de produção digital avançada e que vendem um alto volume nos mercados mundiais (acima da média do conjunto de países analisados, à exceção dos pioneiros).

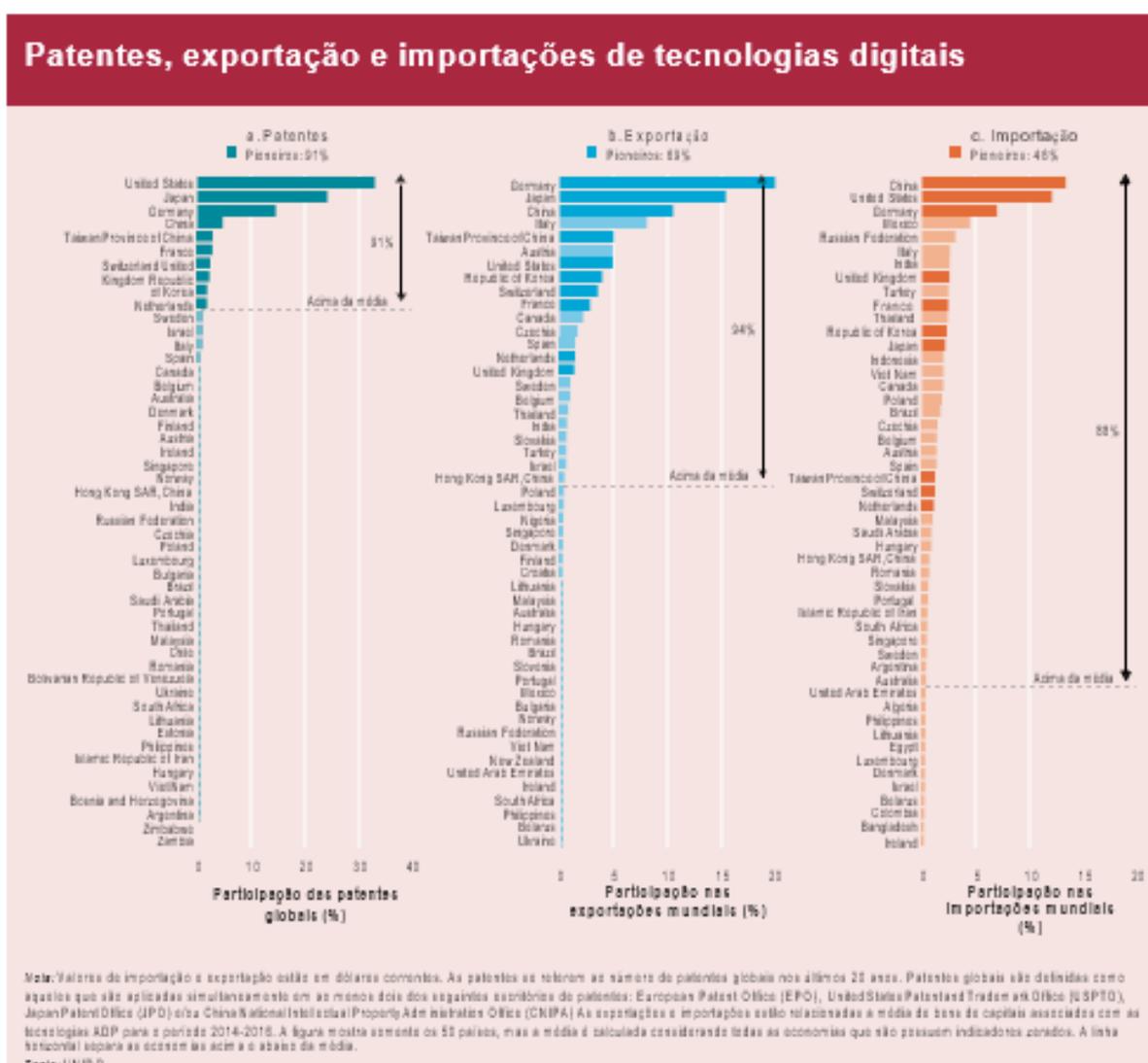
3. Seguidores usuários. São 17 países entre os seguidores que possuem importação acima da média do conjunto de países analisados (à exceção dos pioneiros) de bens relacionados às tecnologias de produção digital avançada. Esses países são relativamente especializados em importar essas tecnologias e não as criam; por isso são considerados *seguidores usuários*.

4. Retardatários produtores. O grupo de *retardatários produtores* perfaz um total de 16 países divididos em *produtores retardatários como inovadores* - subgrupo composto por países que possuem ao menos uma patente global aplicada em tecnologias de produção digital avançada; e *produtores retardatários como exportadores* - possui pouca exportação de bens relacionados a essas tecnologias ou vendem um alto volume de outras mercadorias nos mercados mundiais (acima da média do conjunto de países analisados, à exceção dos pioneiros).

5. Retardatários usuários. São 13 países que possuem importação de bens relacionados às tecnologias de produção digital avançada, mas em pouca quantidade, o que lhes confere status de usuários retardatários.

6. Retardatários absolutos. Os 88 países restantes da amostra que não estão incluídos nos grupos anteriores. Esses países mostraram pouco ou nenhum envolvimento com tecnologias de produção digital avançada.

Apenas 10 países tiveram participação acima da média no patenteamento global nas tecnologias de produção digital avançada: Estados Unidos, Japão, Alemanha, China, Taiwan (província da China), França, Suíça, Reino Unido, Coreia do Sul e Holanda. Juntos, estes países representaram 91% do patenteamento global, 69% das exportações e 46% das importações globais das tecnologias de produção digital avançada analisadas.



Segundo o relatório da Unido, os 40 países seguidores (23 produtores e 17 usuários) estão envolvidos com novas tecnologias, mas não de forma intensa em todos os três critérios utilizados na classificação. Por exemplo, Suécia, Israel e Itália possuem participação relevante no patenteamento, ao passo que Áustria e Canadá têm algum destaque em exportações. Já México, Tailândia e a Turquia têm valores relevantes em importação de tecnologias produção digital avançada.

Este grupo dos seguidores detém 8% das patentes globais e metade de todas as importações globais de bens incorporando tecnologias de produção digital avançada. O Brasil pertence a este grupo, segundo a Unido, como seguidor produtor.

Ou seja, embora o Brasil se destaque na importação de bens de capital com tecnologias de produção digital avançada, ficando acima da média dos países da amostra da Unido, ele também apresenta competências tecnológicas nestas áreas, assegurando-lhe um ativismo no registro de patentes (ainda que abaixo da média da amostra) a ponto de a Unido classificar o país como produtor seguidor. Assim, o Brasil está melhor posicionado que outros emergentes de relevo, como México, África do Sul e Indonésia, que são seguidores usuários, como o Chile, que é retardatário produtor.

Classificação dos países segundo o nível de engajamento com tecnologias de produção digitalizada avançada aplicada à manufatura

Pioneiros inovadores (10 economias)	Seguidores		Retardatários		Retardatários Absolutos (88 economias)
	Produtores (23 economias)	Usuários (17 economias)	Produtores (16 economias)	Usuários (13 economias)	
Economias ativamente engajadas					
China	Austrália	Argélia	Bósnia e Herzegovina	Costa Rica	
França	Áustria	Argentina	Bulgária	Costa do Marfim	
Alemanha	Bélgica	Bangladesh	Chile	Equador	
Japão	Brasil	Bielorrússia	República Dominicana	Egito	
Coreia do Sul	Canadá	Colômbia	Estônia	El Salvador	
Holanda	República Tcheca	Hungria	Grécia	Etiópia	
Suíça	Dinamarca	Indonésia	Quirguistão	Malawi	
Taiwan	Finlândia	Irã	Letônia	Sérbia	
Reino Unido	Hong Kong	Malásia	Moldávia	Tunísia	
Estados Unidos	Índia	México	Nova Zelândia	Turcomenistão	Todas as outras economias que, de acordo com a Divisão de Estatísticas da ONU, tinham mais de 500 mil habitantes em 2017.
	Irlanda	Portugal	Nigéria	Uganda	
	Israel	Romênia	Filipinas	Uzbequistão	
	Itália	Arábia Saudita	Eslovênia	Zâmbia	
	Lituânia	África do Sul	Ucrânia		
	Luxemburgo	Tailândia	Emirados Árabes		
	Noruega	Turquia	Venezuela		
	Polônia	Vietnã			
	Rússia				
	Singapura				
	Eslováquia				
	Espanha				
	Suécia				

Fonte: UNIDO

O documento da Unido chama atenção para o fato de que a criação e a difusão destas novas tecnologias estão concentradas em países desenvolvidos e em um pequeno número de países em desenvolvimento, inclusive o Brasil. Isto é, somente 50 economias (pioneiros, produtores seguidores e usuários seguidores) podem ser consideradas ativamente engajadas com as tecnologias de produção digital avançada.

Ressalta-se ainda que o nível de engajamento com tais tecnologias pode ser pequeno mesmo entre os seguidores, uma vez que eles se caracterizam, muitas vezes, pela importação de bens de capital, com baixa ou nenhuma atividade de inovação interna e/ou exportação de tecnologias de produção digital avançada. Ademais, grande parte do mundo ainda está completamente excluído das mudanças tecnológicas recentes, especialmente os países do continente africano.

As diferenças setoriais na adoção das novas tecnologias

Além das diferenças entre países, a Unido mostra que existem diferenças setoriais e de oportunidades de inclusão social a partir do emprego no contexto de surgimento e difusão das novas tecnologias. Os impactos heterogêneos das tecnologias de produção digital avançada sobre a indústria emergem, principalmente, dos seguintes fatores:

- Diferenças na difusão das tecnologias entre os setores da indústria. Isto é, algumas empresas são mais propensas à adoção de tecnologias de produção digital avançada que outras;
- Impactos variados das novas tecnologias dentro das empresas. Ou seja, há maneiras diversas como as tecnologias digitais podem afetar a produtividade e a composição dos fatores de produção (trabalho, capital, tecnologia etc.) em cada empresa;
- Impactos das novas tecnologias sobre os encadeamentos intersetoriais. Isto é, a maneira distinta como um setor provê atividades de suporte a outros ou mesmo é ajudado nestas atividades.

Para ressaltar estas diferenças, o estudo da Unido analisa 10 setores industriais, a partir de sua definição com dois dígitos de níveis de agregação ISIC (rev. 4). São eles:

1. alimentos, bebidas e fumo;
2. têxteis, vestuário e calçados;
3. produtos de madeira e papel e impressão;
4. refino de petróleo, coque e biocombustíveis;
5. produtos químicos e farmacêuticos;
6. produtos de borracha e plástico;
7. metalurgia e produtos de metal;
8. informática, eletrônicos e maquinário;
9. automobilística e outros equipamentos de transporte;
10. outros manufaturados (incluindo móveis) e manutenção de máquinas e equipamentos.

Utilizando uma amostra de 28 países da União Europeia, no ano de 2018, o relatório mostra as diferenças na adoção nestes setores de três tecnologias de produção digital avançada: computação em nuvem, impressão 3D e robôs industriais. Tomando taxas de adoção definidas como a porcentagem de firmas nos setores que utilizaram a tecnologia, a Unido identifica que os setores de “informática, eletrônicos e maquinário” e de “equipamentos de transporte” se destacam como aqueles de maior adoção da produção digital avançada.

“Informática, eletrônicos e maquinário” têm a maior taxa de adoção de computação e nuvem e impressão 3D (entre 10 e 15 pontos percentuais acima da média de taxa de adoção dos demais setores), ao passo que “equipamentos de transporte” – que reúne a automobilística e os segmentos naval, motocicleta e aviação – possui maior taxa de adoção de “robôs industriais” e, em segundo lugar, de “impressão 3D”.

O relatório classifica os setores em termos de intensidade tecnológica, medido pela intensidade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) – gastos em P&D sobre o faturamento – conforme a classificação da Organização para a Cooperação do Desenvolvimento Econômico (OCDE), e em termos de intensidade digital, baseado nas sete dimensões da transformação digital, isto é, baseado nos investimentos em TIC, investimentos em software, bens intermediários de TIC, serviços intermediários de TIC, uso de robôs, vendas online e especialistas em TIC nos setores analisados.

De posse dessas duas classificações, a tabela a seguir mostra a divisão dos setores em quatro quadrantes segundo a escala de intensidade digital e tecnológica. As duas escalas estão divididas em baixa e média-baixa intensidade e média-alta e alta intensidade. Os setores intensivos em tecnologia e digitalização (SITD) estão no quadrante direito inferior: “informática, eletrônicos e maquinário” e “equipamento de transporte”.

Devido às diferenças entre os setores, o relatório mostra que o avanço dos países se dá de maneira heterogênea. Um país pode ser majoritariamente composto por setores que possuem pouca intensidade digital e tecnológica, afetando assim a probabilidade de que adote tecnologias de produção digital avançada.

Tipologia dos setores por intensidade digital

		Intensidade digital	
		Baixa e média-baixa	Média-alta e alta
Intensidade tecnológica	Baixa e média-baixa	Alimentos, bebidas e fumo (ISIC 10t12) Têxteis, vestuário e calçados (ISIC 13t15) Refino de petróleo, coque e biocombustíveis (ISIC 19) Produtos de borracha e plástico (ISIC 22t23) Metalurgia e produtos de metal (ISIC 24t25)	Produtos de madeira e papel e impressão (ISIC 16t18) Outros manufaturados (incluindo móveis) e manutenção de equipamentos (ISIC 31t33)
	Média alta e alta	Produtos químicos e farmacêuticos (ISIC 20T21)	Informática, eletrônicos e maquinário (ISIC 26t28) Automobilística e outros equipamentos de transporte (ISIC 296T30)

Fonte: UNIDO

Utilizando dados de 109 países, com valores correntes de 2017, o relatório mostra que 49 países estão ativamente engajados com tecnologias de produção digital avançada, perfil definido segundo a participação da indústria de “informática, eletrônicos e maquinários” e “equipamentos de transporte” no valor adicionado da manufatura global. Tomando a média desta participação mundial como “1”, a Unido estabelece que a participação média dos seguidores em produção é de 1,48 e a dos pioneiros é de 2,32.

Ou seja, para a Unido, o maior engajamento dos países pioneiros e seguidores em tecnologias de produção digital avançada está relacionado ao fato de que eles possuem uma parcela maior de seu valor adicionado na manufatura em setores intensivos em tecnologia e digitalização.

Esses setores ganharam importância especialmente após o ano de 2005, ano em que se inicia, segundo o relatório, a intensificação do uso das tecnologias de produção digital avançada. A valores constantes de 2010, o estudo da Unido analisa a participação dos setores manufatureiros no valor adicionado da manufatura (VAM) na “decolagem da tecnologia” (1991-2004) e “após a decolagem da tecnologia” (2005-2016), para todos os 137 países, e compara o movimento global com o dos 50 países engajados (pioneiros e seguidores) com as tecnologias de produção digital avançada.

Quando se analisa todos os 137 países, os setores de “informática, eletrônicos e maquinário”, “equipamento de transportes”, “produtos químicos e farmacêuticos” e “borracha e produtos de plástico” aumentaram seu peso no VAM.

Utilizando dados disponíveis de 86 países e dividindo-os, seguindo os critérios do Banco Mundial, em baixa-média e média-alta renda, o relatório também mostra o aumento da participação dos setores de “informática, eletrônicos e maquinário” e de “equipamento de transportes” no VAM de todos os países analisados. No entanto, nos países de média-alta renda, a participação destes setores foi maior no período de 2005-2016.

O setor de “produtos químicos e farmacêuticos” também teve crescimento de participação nesse período e com a mesma intensificação de sua participação no período de 2005-2016. Por outro lado, o relatório mostra que os setores de “têxteis, vestuário e calçados” observou a seguinte trajetória: quanto mais rico o país, mais acentuada a queda na participação deste setor no VAM e essa queda foi ainda mais intensa após 2005.

O relatório ressalta que a evolução industrial não molda apenas a maneira como as coisas são produzidas dentro da indústria, mas também modifica a organização industrial – ou seja, como as indústrias estão ligadas nas cadeias de valor. As tecnologias de produção digital avançada podem aprimorar as características produto-serviço e as funcionalidades que resultariam em aumento de receitas por parte de empresas. Por exemplo, por meio da análise de dados de clientes, em tempo real, seria possível a customização em massa de produtos.

O envolvimento ativo com as tecnologias de produção digital avançada por parte dos países requer apoio dos serviços de negócios intensivos em conhecimento (KIBS). Trata-se de serviços intermediários, que difundem inovações para as indústrias. Por exemplo, serviços de tecnologia da informação (análise de dados de clientes em tempo real, por exemplo) e pesquisa e desenvolvimento (customização em massa de produtos, por exemplo). O uso destes serviços na produção ajuda a indústria a diferenciar produtos, além de incrementar conhecimentos e habilidades.

Utilizando uma amostra de 63 países, seguindo a classificação de renda do Banco Mundial, e estimando o peso dos serviços intensivos em conhecimento no valor adicionado criado pela demanda final dos produtos manufaturados, o relatório mostra que o peso destes serviços na produção industrial é maior quanto mais rico for o país. Além disso, esse peso também aumentou após 2005.

A Unido enfatiza que, se essa tendência continuar, será mais difícil que países em desenvolvimento alcancem a estrutura de produção de um país de mais alta renda por meio do aumento da participação dos serviços intensivos em conhecimento no VAM. Para sair de

uma participação de 4,3% e ir para 7,5% (média-alta renda) e 9,7% (alta renda), os países de baixa e média-baixa renda necessitarão, segundo a Unido, aumentar substantivamente a intensidade de conhecimento na produção industrial.

O relatório analisou também, neste grupo de 63 países, a integração (participação no valor adicionado geral da manufatura) dos serviços intensivos em conhecimento com os 10 setores industriais identificados. Em países de baixa e média-baixa renda, os setores intensivos em tecnologia e digitalização (“informática, eletrônicos e maquinaria” e “equipamento de transportes”) são mais integrados a esse tipo de serviços. Conforme a renda do país analisado aumenta, esta integração é mais difundida em outros setores que não apenas estes intensivos em tecnologia e digitalização.

Por exemplo, nos países ricos, os dois setores mais integrados com os serviços intensivos em conhecimento são “produtos químicos e farmacêuticos” e “produtos de madeira, papel e impressão”. Isto significa que os países com maior renda têm conseguido espriar mais os efeitos das tecnologias de produção digital avançada e os serviços relacionados para um conjunto maior de setores, ao passo que os países de menor renda dependem dos setores intensivos em tecnologia e digitalização para a difusão destas tecnologias.

Emprego e as novas tecnologias

Sobre o impacto no mercado de trabalho das tecnologias digitais, o relatório da Unido apresenta duas vertentes.

De um lado, existe o potencial poupador de empregos das tecnologias de produção digital avançada. Isto se dá pelo fato de que essas tecnologias melhoram o desempenho de máquinas em campos que não exigem habilidades cognitivas, por exemplo, no processamento de idiomas ou reconhecimento de imagem, vídeo e fala. Além disso, os avanços na destreza dos robôs permitem que eles realizem, cada vez mais, tarefas manuais não rotineiras. Estas mudanças poderiam substituir trabalhadores humanos por máquinas, diminuindo a quantidade de trabalho humano necessária para a mesma quantidade de produção.

Por outro lado, as novas tecnologias podem criar bens, serviços ou modelos de negócios inéditos, expandindo a necessidade de mão de obra. As tecnologias de produção digital avançada podem complementar o trabalho humano ao facilitar a execução de tarefas ou viabilizar operações e processos que humanos não poderiam desempenhar sem ter alguma ajuda. Por exemplo, desenvolvedores de software, analista de *big data* e profissionais de cibersegurança seriam beneficiados por estas tecnologias. Portanto, há espaço para otimismo na criação de empregos por meio da difusão das novas tecnologias, impulsionado pela demanda de ocupações inéditas.

A adoção de tecnologias de produção digital avançada exige o desenvolvimento de habilidades complementares às novas tecnologias. Três grupos de habilidades – chamadas de “habilidades do futuro” – são importantes para estas tecnologias, segundo a Unido: (i) habilidades analíticas; (ii) habilidades específicas relacionadas à tecnologia, incluindo ciência, tecnologia, engenharia e matemática (CTEM) – e habilidades relacionadas às TICs; e (iii) habilidades sociais.

Os empregos criados pelas novas tecnologias provavelmente demandarão um mix de habilidades desses três grupos. Os profissionais que reunirem as “habilidades do futuro” terão uma salvaguarda contra o risco de deslocamento do emprego para as novas atividades.

O estudo argumenta que o risco de digitalização reflete a viabilidade técnica da substituição de um posto de trabalho por uma máquina. Para que essa mudança seja realizada, isso requer a presença de condições que fazem com que tais substituições sejam economicamente rentáveis. Isso pode não ser o caso onde a remuneração do trabalho é

baixa, como nos setores intensivos em trabalho, sobretudo nos países em desenvolvimento.

Mesmo que certas tarefas tenham uma classificação alta na probabilidade de automatização, a digitalização provavelmente permanecerá limitada em países e setores com baixos salários. Os setores industriais intensivos em tecnologia e digitalização têm maior probabilidade de adotar as tecnologias de produção digital avançada, mas, em contrapartida, nas economias em desenvolvimento, onde os salários são menores, apresentam menor risco de automação de empregos.

Robôs industriais e o emprego

Quanto ao impacto direto e indireto dos robôs, o relatório da Unido parte da constatação de que há dois tipos de robôs, os que são utilizados nos processos de fabricação e os robôs utilizados nos serviços. Os robôs industriais é que são tratados no estudo.

O setor que usa mais robôs pode produzir produtos intermediários de melhor qualidade e/ou vender a preços mais baratos para o cliente industrial que, por sua vez, pode aumentar a competitividade e contratar mais trabalhadores para expandir seus negócios. Esse aumento no uso de robôs também pode ter um impacto indireto nas indústrias fornecedoras, porque a maior automação e mudanças nos processos de produção podem ser traduzidos em uma maior demanda por certos materiais e componentes.

Utilizando dados de matriz de insumo e produto de 43 países, o relatório mostra que no período de 2000 a 2014, o investimento global em robôs duplicou. No ano de 2014, havia mais de 1 milhão de robôs industriais nos países desenvolvidos analisados e 175 mil robôs em economias emergentes. Esta tendência confirma que o período de decolagem das tecnologias de produção digital avançada se deu em torno dos anos 2005, como mencionado anteriormente.

O relatório mostra que no período de 2004 a 2014, a contribuição anual do estoque de robôs industriais para o crescimento do emprego foi positiva, embora muito pequena. Por exemplo, o relatório estima os impactos do crescimento do emprego devido aos robôs em cinco dimensões: impactos diretos nos setores, nos consumidores domésticos e internacionais dos setores e nos fornecedores domésticos e internacionais dos setores.

O impacto direto nos setores foi de uma criação de emprego média de 0,14% ao ano devido ao crescimento do uso de robôs. Esse efeito positivo foi reforçado pelo crescimento dos consumidores domésticos (0,18%) e internacional (0,06%). Os fornecedores domésticos apresentaram uma contribuição negativa (-0,3%) e os fornecedores internacionais uma contribuição positiva (0,24%). O efeito geral é de que o crescimento do uso de robôs gerou um aumento de 0,32% ao ano de criação de emprego.

A maioria do emprego criado devido ao crescimento da utilização dos robôs se deu nos países emergentes, basicamente por seus *links* com consumidores e fornecedores internacionais. Isto se deve ao fato de estes países serem compradores de tecnologia e bens de capital, em geral, e serem fornecedores de bens industriais acabados. No entanto, o relatório aponta que o efeito líquido da adoção de robôs dentro de países emergentes é muito pequeno.

Há ainda dois outros destaques acerca da robotização. O primeiro é que a manufatura foi responsável por dois terços da criação de empregos – da média de 0,32% ao ano – devido ao crescimento da adoção de robôs. Mas este crescimento não se dá apenas na manufatura, uma vez que a adoção de robôs tem um impacto também no aumento do emprego em *serviços que não utilizam robôs*, devido as ligações intersetoriais. Isto é, todas as atividades de serviços exceto educação, atividades veterinárias, oferta de água e energia, pesquisa e desenvolvimento e outras atividades profissionais técnicas e científicas.

O segundo destaque é relacionado aos efeitos intersetoriais. Entre os setores analisados, apenas “produtos químicos e farmacêuticos” tiveram um impacto negativo no emprego como resultado do aumento do uso de robôs nas plantas industriais. E em apenas três setores a contribuição do emprego foi maior do que a média da contribuição de todos os setores: “informática, eletrônicos e maquinaria”, “metalurgia e produtos de metal” e “refino de petróleo, biocombustíveis e coque”. Dos três setores, o maior destaque é o primeiro, um dos setores intensivos em tecnologia e digitalização.

A absorção de tecnologia pelas firmas de países em desenvolvimento

Além das diferenças entre os países, existem diferenças entre as empresas no interior de um mesmo país. O estudo da Unido aponta a coexistência entre tecnologias antigas e as associadas à 4ª Revolução Industrial nos setores industriais de cada país. Para se ter uma ideia, existem países em desenvolvimento que sequer possuem o domínio das tecnologias relacionadas à 3ª Revolução Industrial – por exemplo, automação básica e tecnologia da informação e comunicação (TIC) – o que dificulta o engajamento destes países em tecnologias de produção digitalizada avançada. As oportunidades desses países estão, portanto, relacionadas à integração destas tecnologias aos sistemas de produção baseados na 3ª Rev. Industrial.

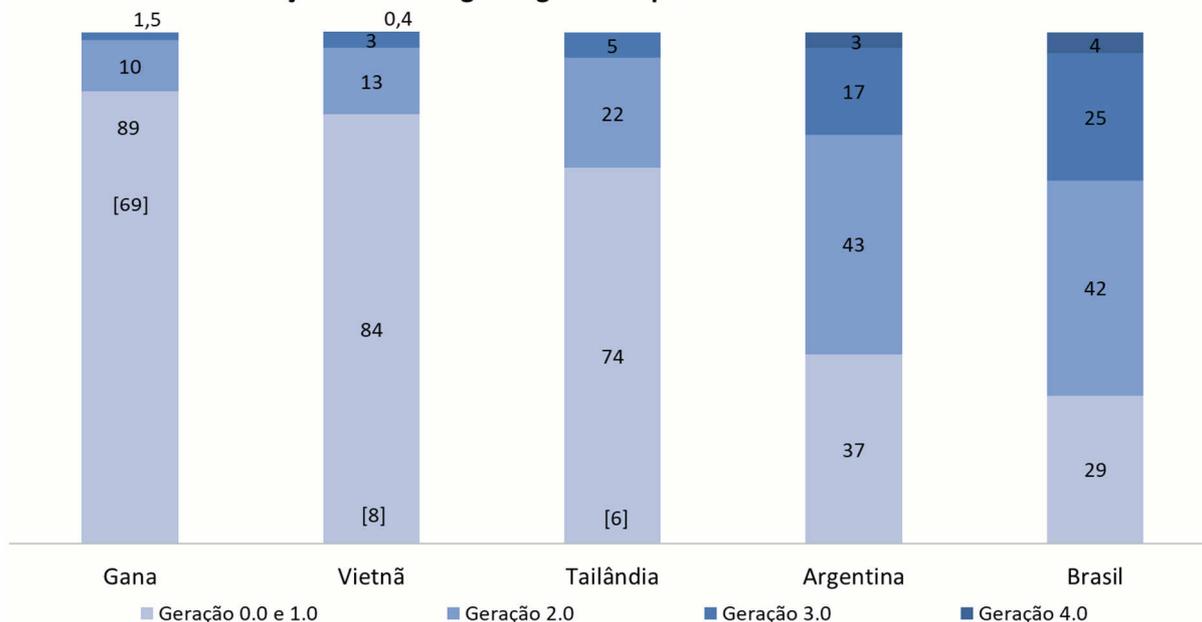
A Unido caracteriza a adoção de tecnologias digitais aplicadas à manufatura em um processo de quatro gerações sistematizadas a seguir. O marco zero é a produção analógica, no qual não há qualquer digitalização do processo produtivo (por exemplo, não há smartphones que auxiliam a produção ou mesmo maquinaria baseada em microeletrônica).

1. A primeira geração é a produção rígida, que é caracterizada pelo uso de aplicativos digitais apenas para fins específicos e isolados de outras funções produtivas.
2. A segunda geração é a produção enxuta, com automação semiflexível da produção feita com o auxílio de alguma tecnologia digital e com integração parcial em diferentes áreas da empresa.
3. A terceira geração é a produção integrada, que implica no uso de tecnologias digitais em todas as funções de negócio e que pode ser feita através de um software, por exemplo.
4. A quarta geração, por sua vez, é caracterizada pelo uso de tecnologias digitais totalmente integradas, conectadas e com processos inteligentes de produção que implicam em *feedbacks* de informações para apoiar a tomada de decisões.

Existe a coexistência, sobretudo em países em desenvolvimento, de diferentes gerações de tecnologia em seu parque produtivo, mostrando que estes países possuem uma heterogeneidade que constitui um desafio para aumentar o uso de tecnologias de produção digitalizada avançada.

A Unido selecionou cinco países em desenvolvimento, Gana, Vietnã, Tailândia, Argentina e Brasil, para analisar. Apesar das diferenças, o estudo afirma que a adoção de tecnologias digitais (3ª e 4ª geração) é incipiente em todos eles.

Adoção de tecnologias digitais em países em desenvolvimento



Nota: Números em colchete é a porcentagem de firmas na geração 0.0. Para Argentina e Brasil não ha informação para firmas na geração 0.0 devido à estrutura dos questionários aplicados. Os países estão ordenados de acordo com a maior participação de firmas que adotam tecnologias digitais (geração 3.0 e 4.0).
Fonte: UNIDO

Argentina e Brasil são os países que possuem empresa que mais utilizam tecnologias de produção digitalizada avançada. No caso brasileiro, cerca de 30% das empresas adotam tecnologias digitais, sendo que 25% adotam as tecnologias de 3ª geração e apenas 5% adotam as de 4ª geração.

Os outros três países selecionados apresentam um nível menor de adoção de tecnologias digitais (3ª e 4ª geração). O caso mais grave é o de Gana, onde cerca de 70% das empresas pesquisadas pelo relatório se enquadram no marco zero. Isto é, apenas 30% da indústria de Gana possuem algum grau de digitalização na sua produção.

Utilizando quatro dos cinco países (exceto Gana), o relatório mostra que as firmas dos setores intensivos em tecnologia e digitalização tendem a adotar mais tecnologias de 3ª e 4ª do que os outros setores. No entanto, empresas de outros setores também adotam estas tecnologias, dependendo do seu tamanho.

Utilizando quatro dos cinco países (exceto Brasil), o estudo mostra que firmas que possuem 100 ou mais empregados tendem a adotar mais tecnologias de produção digital avançada do que firmas menores. Isso fica mais claro na Argentina, mas não se aplica à Tailândia, onde a probabilidade de adoção é similar entre firmas grandes e pequenas. Isto

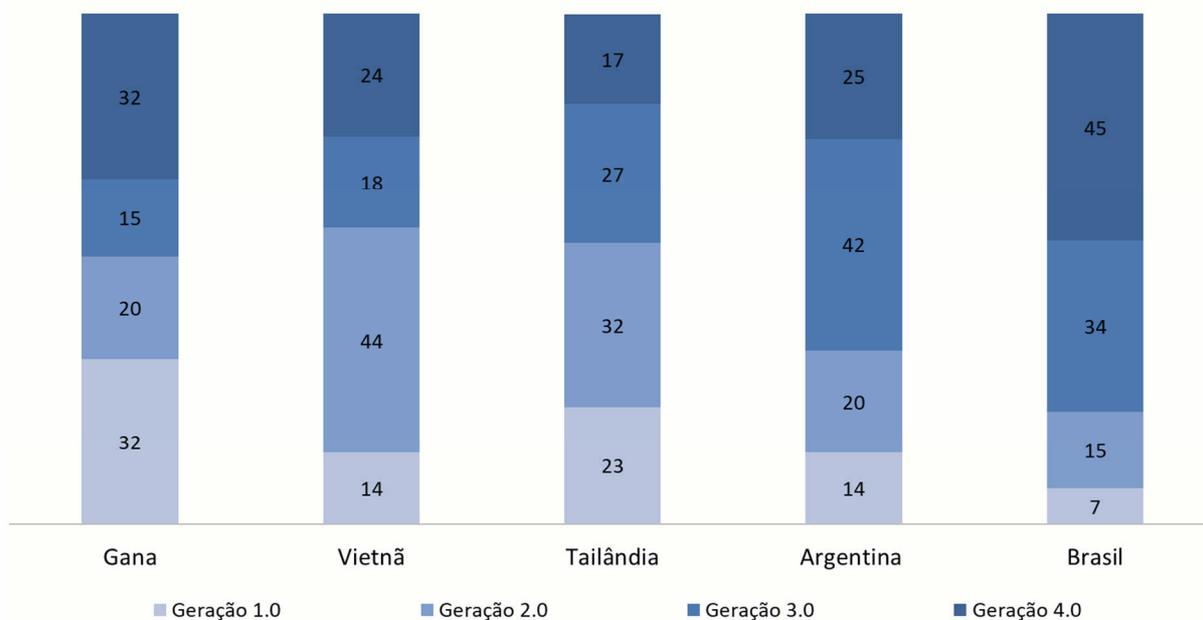
sugere que as firmas pequenas na Tailândia não enfrentam mais barreiras para adoção de tecnologias do que as firmas grandes.

A integração nas cadeias internacionais de produção e comércio podem ajudar no aprendizado sobre novas tecnologias de produção, segundo o relatório. Isto pode se dar pela criação de canais de transferência de conhecimento para fornecedores a jusante na cadeia de valor e pela adequação às normas técnicas e padrão de qualidade exigido pelos clientes.

A Unido afirma isso com base em um estudo econométrico para três dos cinco países analisados: Gana, Tailândia e Vietnã. O estudo analisa seis propriedades que podem estar correlacionadas com a maior probabilidade de adoção de tecnologias de produção digitalizada avançada: idade da firma; participação na cadeia global de valor; habilidade do capital humano; tamanho da firma; investimentos em P&D e maquinaria; e propriedade estrangeira. Segundo o estudo, a participação nas cadeias globais de valor torna a firma mais propensa a adotar tais tecnologias.

Nos cinco países analisados, o relatório mostra que a expectativa de uso de tecnologias digitais (3ª e 4ª geração) nos próximos cinco a dez anos é relativamente alta.

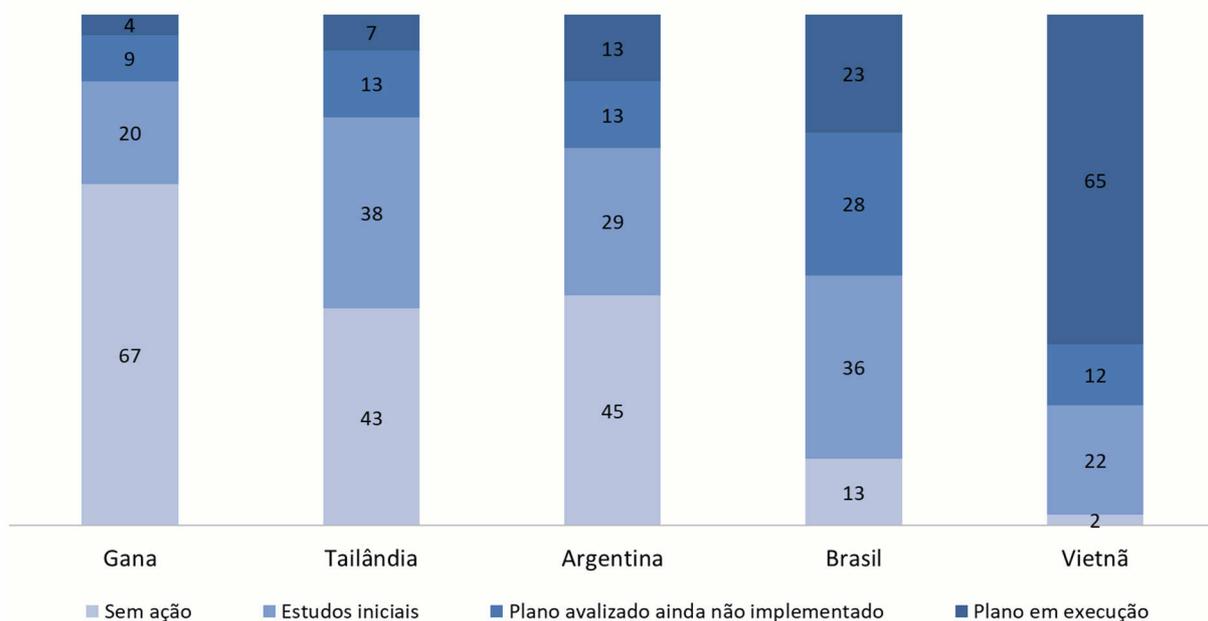
Empresas que esperam adotar tecnologias digitais nos próximos 5 a 10 anos



Nota: Países estão ordenados de acordo com a participação de empresas na adoção de tecnologias digitais (geração 3.0 e 4.0).
Fonte: UNIDO

Para o Brasil, recorre-se ao estudo da Confederação Nacional da Indústria (CNI), que cobriu um total de 711 empresas. Quando perguntadas, em 2017, sobre a expectativa de uso das tecnologias avançadas nos próximos 5 a 10 anos, 45% das firmas brasileiras esperam estar na 4ª geração e 34% na 3ª geração. A título de comparação, na Argentina, segundo um estudo conduzido em 2018, com 293 empresas, este percentual é de 25% e 42%, respectivamente.

Empresas com ações para adotar tecnologias digitais nos próximos 5 a 10 anos



Nota: Países estão ordenados de acordo com a participação de empresas com plano em execução.
Fonte: UNIDO

O relatório mostra ainda que a participação de empresas com planos em execução para alcançar as gerações tecnológicas mais altas nos próximos 5 a 10 anos são relativamente baixas. Por exemplo, no Brasil, apenas 23% das empresas possuem planos em execução nesse sentido. Na Argentina, esse percentual é de 13%.

O relatório mostra também o Índice de Prontidão Digital da Unido para os cinco países, que classifica as empresas segundo a sua capacidade de enfrentar desafios associados à digitalização, isto é, estima o quanto as empresas estão preparadas para adotar as tecnologias de produção digitalizada avançada.

O índice divide três categorias de prontidão digital, de acordo com o modelo do economista americano Moses Abramovitz. As firmas mais dinâmicas são classificadas como avançadas (*forging ahead*) e utilizam tecnologias de produção digital avançada ou possuem

planos de adotá-las. As firmas em processo de *catching up* possuem a intenção de evoluir de um grau de digitalização baixo para um mais avançado, mas seus esforços são ainda iniciais. Empresas atrasadas (*lagging behind*) utilizam tecnologias de produção menos avançadas e não possuem medidas ou ações concretas para adotar nas novas tecnologias.

De maneira geral, apenas 7,3% de todas as empresas analisadas podem ser classificadas como avançadas, 38,8% em processo de *catching up* e a maioria, 63,9%, são firmas atrasadas. Os países diferem entre si. Na Argentina, Gana, Tailândia e Vietnã, a maioria das empresas são consideradas atrasadas. No Brasil, as empresas em processo de *catching up* representa mais de 55% do total das firmas analisadas. Já na Argentina, as empresas atrasadas representam 60% do total das firmas analisadas.

O risco da reorganização na produção global

Um aspecto muito debatido com relação às tecnologias de produção digital avançada é o seu potencial impacto na reorganização da produção global. Para empresas em países em desenvolvimento – especialmente para aquelas que participam das cadeias globais de valor (CGV) – há ameaças, por parte de uma indústria de um país desenvolvido, relacionadas à reorganização da cadeia de suprimentos, a deslocalização de produção e ao *backshoring* (retorno das atividades produtivas para os países desenvolvidos que foram previamente terceirizadas para os países em desenvolvimento).

Empresas de países em desenvolvimento também podem ser prejudicadas pela difusão progressiva das novas tecnologias nos países desenvolvidos, segundo o relatório da Unido. Isto porque, com a adoção dessas tecnologias, espera-se que as empresas reduzam a relevância do trabalho barato como vantagem comparativa e haja um retorno de atividades produtivas para os países desenvolvidos, retirando atividades de fabricação de países em desenvolvimento e, por consequência, reduzindo a criação de empregos. As tecnologias digitais, difundidas a preços mais acessíveis, podem substituir o trabalho manual barato e induzir empresas a retornarem aos países de alta renda e ficarem próximos de seus mercados consumidores.

No entanto, o relatório da Unido aponta que a evidência geral do *backshoring* ainda é escassa e que as conclusões sobre o impacto final no emprego de países em desenvolvimento são de difícil estimativa. Ao utilizar um trabalho empírico com dados de um Survey da Manufatura Europeia de 2015, com empresas de oito países europeus (Áustria, Croácia, Alemanha, Holanda, Sérvia, Eslovênia, Espanha e Suíça), o relatório destacou três descobertas:

- O *backshoring* não é tão difundido quanto o potencial destacado na mídia e no debate de políticas. Em uma análise de 2.500 empresas de diferentes tamanhos, o relatório aponta que 5,9% de todas as empresas trouxeram de volta suas etapas produtivas aos países de origem, enquanto 16,9% terceirizaram sua produção para fora de seus países de origem.
- O custo do trabalho não é a principal razão pela qual as empresas trouxeram etapas de volta de países em desenvolvimento, mas é um elemento importante quando se trata do retorno de etapas de países de renda alta. É a flexibilidade na logística que parece ser a principal razão para o retorno de etapas produtivas de economias emergentes.

- O retorno de etapas produtivas para os países de origem é mais frequente em alguns setores (química, máquinas e equipamentos, material elétrico ou equipamento de transporte) do que setores de baixa tecnologia intensivo em trabalho. E, além disso, é mais frequente em empresas que adotam tecnologias de produção digitalizada avançada. Isto implica que essas tecnologias podem induzir o retorno de determinadas atividades produtivas, mesmo que não de uma maneira frequente.

O impacto sobre a sustentabilidade ambiental

Ao utilizar um estudo que analisa patentes, o relatório da Unido mostra que as tecnologias de produção digital avançada têm conteúdo verde acima da média. Em particular, esse é o caso de tecnologias relacionadas a robôs, aprendizado de máquina e CAD-CAM e, em menor medida, à fabricação aditiva. A característica mais importante dessas tecnologias é a contribuição potencial à mitigação de emissões de gases de efeito estufa.

Os produtos relacionados às tecnologias emergentes foram projetados para serem duráveis, reutilizáveis e recicláveis e os materiais para novos produtos provêm de produtos antigos. Modelos de economia circular também reduzem a subutilização de produtos e fornecem benefícios de eficiência. Dados de dispositivos eletrônicos, obras e equipamentos conectados à Internet podem fornecer soluções para as empresas utilizarem melhor seus recursos, bem como melhorarem o *design* de seus produtos e serviços, o gerenciamento do ciclo de vida do produto e o planejamento da cadeia de suprimentos.

O relatório resenhou um estudo que mediu a participação de empresas de Gana, Tailândia e Vietnã e mostrou que, em 5 a 10 anos, estes países acreditam que as tecnologias de produção digital avançada contribuirão na melhora da sustentabilidade ambiental. Em todas as categorias, “economia de água”, “minimização de desperdício”, “economia de materiais” e “economia de energia”, a maioria das empresas já estava envolvida ou pronta para se envolver com essas tecnologias, uma vez que concordavam que seu uso levaria a melhorias ambientais.

Difusão para os países em desenvolvimento

Os países em desenvolvimento estão longe de se tornarem grandes atores neste novo cenário tecnológico, segundo a Unido. Eles irão enfrentar desafios específicos para o envolvimento com as novas tecnologias de produção digitalizada avançada, que o estudo agrupa, basicamente, em cinco:

1. Capacitações básicas. As capacitações de produção necessárias para absorver, implantar e difundir as tecnologias de produção digital avançada ao longo da cadeia de suprimentos são escassas e desigualmente distribuídas nos países em desenvolvimento.

2. Modernização e integração. Empresas de países em desenvolvimento já possuem recursos financeiros comprometidos em tecnologias antigas e elas precisam aprender como adaptar e integrar as tecnologias de produção digital avançada às suas plantas produtivas. A instalação de novas fábricas com base nessa tecnologia é menos trivial, uma vez que requer um investimento significativo de longo prazo e acesso a mercados.

3. Infraestrutura digital. Essas tecnologias exigem infraestrutura substancial para seu uso na produção. Alguns países em desenvolvimento ainda enfrentam desafios em fornecer preços acessíveis e serviços de alta qualidade em eletricidade e telefonia, por exemplo, bem como possuem pouca confiabilidade na conectividade de suas redes. Estes e outros gargalos de infraestrutura podem tornar o investimento em tecnologia, por parte das empresas, arriscado e financeiramente inviável.

4. Lacuna na capacidade digital. Em muitos países em desenvolvimento, empresas se engajam em algumas tecnologias de produção digitalizada avançada, mas muitas dessas tecnologias permanecem confinadas a estas empresas e, apenas ocasionalmente, algum fornecedor possui capacitação para lidar com estas novas tecnologias. Isto é, embora algumas empresas se empenham no processo de modernização, alguns fornecedores podem não se empenhar da mesma forma e limitar o impacto positivo destas tecnologias na produção.

5. Acesso e custos. Essas tecnologias tendem a ser controladas por um número reduzido de países e empresas. Os países em desenvolvimento dependem da importação e da disposição de recursos financeiros (lucros retidos e financiamento) para adquirirem equipamentos dos fornecedores internacionais de hardware e software relacionados às tecnologias de produção digitalizada avançada.

De maneira geral, a Unido entende que as capacidades industriais de um país dependem das capacidades de suas empresas. Para que as tecnologias de produção digital avançada sejam difundidas, as empresas necessitarão de recursos financeiros e estabelecer rotinas e procedimentos para aprenderem a lidar com essas novas tecnologias.