

SONDAGEM
ESPECIAL

83

INDÚSTRIA 4.0

CINCO ANOS DEPOIS



Confederação Nacional da Indústria
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA



Confederação Nacional da Indústria
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA

SONDAGEM
ESPECIAL

83

**INDUSTRIA 4.0
CINCO ANOS DEPOIS**

BRASÍLIA-DF
2022

© 2022. CNI – Confederação Nacional da Indústria.

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

CNI

Diretoria de Desenvolvimento Industrial e Economia - DDIE

Superintendência de Desenvolvimento Industrial - SDI

Gerência de Política Industrial

FICHA CATALOGRÁFICA

C748s

Confederação Nacional da Indústria.

Sondagem especial - Ano 21, n. 83 (Abril 2022) / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília : CNI, 2022.

v. : il.

ISSN 2317 7330

1. Indústria 4.0. 2. Digitalização. 3. Tecnologias digitais. I. Título.

CDU: 33(81)

CNI

Confederação Nacional da Indústria

Setor Bancário Norte

Quadra 1 – Bloco C

Edifício Roberto Simonsen

70040-903 – Brasília – DF

Tel.: (61) 3317- 9001

Fax: (61) 3317- 9994

<http://www.cni.com.br>

Serviço de Atendimento ao Cliente – SAC

Tels.: (61) 3317-9989 / 3317-9992

E-mail: sac@cni.com.br

www.portaldaindustria.com.br

SUMÁRIO

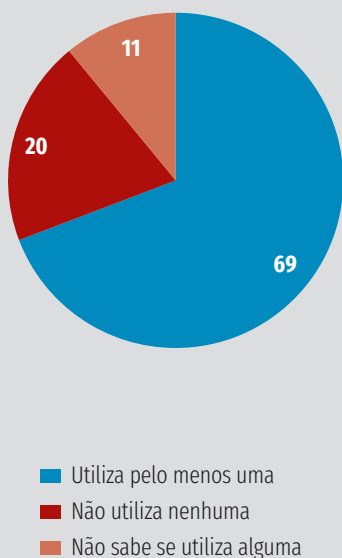
RESUMO EXECUTIVO	7
Indústria brasileira está mais digital, porém tem baixa maturidade nesse processo	8
Uso da digitalização continua focado na melhoria do processo, porém há busca por maior customização do produto	9
Setor automotivo é o que emprega maior variedade de tecnologias	11
Setores mais intensivos em tecnologia são pioneiros na adoção de novas tecnologias digitais	12
Aumento da produtividade é benefício mais reconhecido.....	14
Alto custo de implantação continua a maior barreira interna	15
Falta de trabalhador qualificado continua sendo principal barreira externa	16
Referências	17
APÊNDICE A - Lista das 18 tecnologias digitais pesquisadas e CAD/CAM.....	18
APÊNDICE B - Cálculo do uso por faixas de tecnologias digitais	19
APÊNDICE C - Classificação por intensidade tecnológica.....	20
APÊNDICE D - Uso das 10 tecnologias digitais listadas na pesquisa de 2016	21



RESUMO EXECUTIVO

AUMENTA USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NA INDÚSTRIA BRASILEIRA, MAS INDÚSTRIA 4.0 AINDA É INCIPIENTE

Gráfico 1 - Utilização de pelo menos uma das 18 tecnologias digitais
Percentual de respostas (%)



Entre as empresas industriais, 69% já utilizam pelo menos uma tecnologia digital em uma lista que apresenta 18 aplicações diferentes. Em 2016, quando essa pesquisa foi realizada pela primeira vez, 48% das empresas faziam uso de alguma tecnologia digital em uma lista com 10 tecnologias selecionadas.

Apesar do alto nível de adoção de pelo menos uma tecnologia digital, a maioria das empresas utiliza uma baixa quantidade de tecnologias digitais, indicando que se encontram em uma fase inicial do processo de digitalização. Entre as empresas industriais, 26% utilizam de 1 a 3 tecnologias e apenas 7% utilizam 10 ou mais.

Os setores que utilizam mais e em maior variedade as tecnologias digitais são os de maior intensidade tecnológica. Além disso, são pioneiros na adoção de tecnologias ainda pouco utilizadas na indústria.

As tecnologias digitais com foco em melhoria do processo produtivo continuam sendo as mais utilizadas. Porém, desde 2016, houve aumento do uso de tecnologias que permitem maior customização de produtos. Por exemplo, o uso de automação com sensores que permite linhas flexíveis de produção aumentou de 8%, em 2016, para 27% em 2021. No entanto, tecnologias mais complexas, como as que envolvem inteligência artificial, continuam muito pouco utilizadas.

Entre os principais benefícios reconhecidos pela indústria da adoção das tecnologias digitais, se encontram o aumento de produtividade, a melhora da qualidade dos produtos e a diminuição dos custos de produção.

Assim como em 2016, o alto custo de implantação é percebido como a maior barreira interna à empresa para a adoção de tecnologias digitais, com 66% de assinalações, como uma das três principais barreiras. A falta de conhecimento e clareza sobre os retornos das tecnologias também está entre as barreiras mais assinaladas.

A falta de trabalhador qualificado foi a barreira externa à empresa mais assinalada. Em seguida, têm-se a dificuldade para identificar tecnologias e parceiros e o fato de clientes e fornecedores ainda não estarem preparados.

Indústria brasileira está mais digital, porém tem baixa maturidade nesse processo

A Indústria brasileira está mais digital que cinco anos atrás. Em 2021, 69% das empresas industriais já utilizavam pelo menos uma tecnologia digital em uma lista que apresenta 18 diferentes aplicações¹. Em 2016, as empresas que faziam uso de alguma tecnologia digital eram 48%, em uma lista com 10 opções².

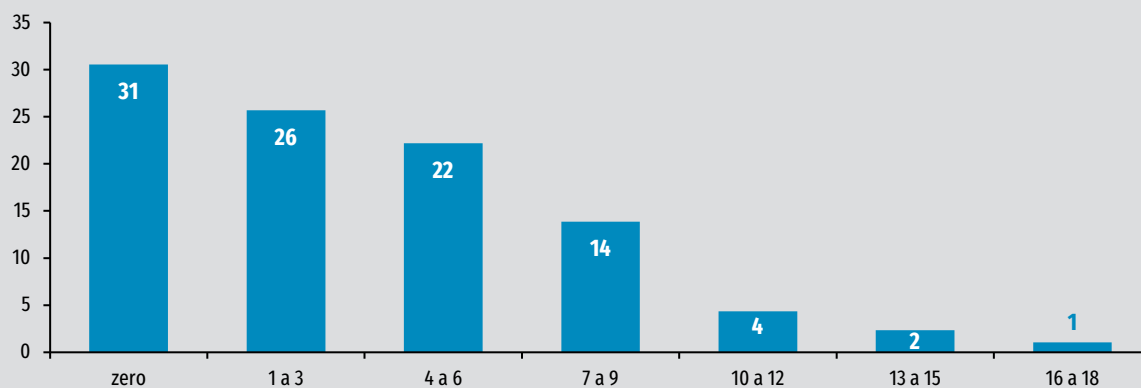
Contudo, a maioria das empresas utiliza uma baixa quantidade de tecnologias digitais, indicando que se encontram em uma fase inicial do processo de digitalização. Mais da metade das empresas industriais não utiliza nenhuma tecnologia digital (31%) ou utiliza entre 1 e 3 tecnologias digitais (26%). As empresas que utilizam 10 ou mais tecnologias digitais são apenas 7%.

A Indústria 4.0 é um conceito abrangente, baseado na integração de um conjunto de tecnologias que viabilizam ecossistemas de sistemas inteligentes e autônomos, com fábricas descentralizadas e produtos e serviços integrados³. Ela se refere à uma rede inteligente de máquinas e processos para a indústria com a ajuda das tecnologias da informação e comunicação⁴.

A Indústria 4.0 depende da complementariedade das tecnologias digitais. Por exemplo, sensores coletam informação de máquinas, que poderão ser compartilhadas com outras máquinas. Decisões, por sua vez, poderão ser tomadas por meio dos dados coletados e da inteligência artificial, como manutenção preditiva das máquinas. O valor da Indústria 4.0 está na integração das diversas tecnologias digitais.

Gráfico 2 - Utilização por faixa de quantidade das tecnologias digitais*

Percentual de utilização (%)



*Saiba mais sobre o cálculo da quantidade de tecnologias utilizadas pelas empresas no Apêndice B.

¹Veja a lista das 18 tecnologias digitais no Apêndice A ao final do documento.

² Em 2016, 10 tecnologias foram listadas contra 18 em 2021. Dessa forma, a comparação deve ser feita com cautela. Naturalmente, com a evolução tecnológica e com o maior domínio do tema pelos especialistas, a lista de tecnologias é melhorada, com a separação de tecnologias antes apresentadas em conjunto e com a adição de novas tecnologias no rol de tecnologias da Indústria 4.0.

Note que a pontuação máxima que uma empresa pode obter continua sendo 18, que é o número de tecnologias digitais listadas (ver Apêndice A).

³ UNIDO (2017).

⁴ *What is Industry 4.0?* Disponível em: <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html>. Acessado em: 3 de novembro de 2021.

O baixo nível de variedade de tecnologias digitais adotadas pelas empresas reforça a necessidade da expansão da adoção e integração das tecnologias para que os benefícios permitidos pela Indústria 4.0 sejam alcançados.

O tamanho da empresa influencia o seu nível de adoção das tecnologias digitais. Quanto maior o porte, maior o uso de pelo menos uma tecnologia digital. Entre as grandes empresas, 86% usam pelo menos uma das 18 tecnologias listadas.

Entre as médias, o percentual cai para 64% e, entre as pequenas, para 42%.

O porte da empresa também afeta o número de tecnologias adotadas. Quanto maior a empresa, maior esse número. O percentual de empresas que utilizam até 6 tecnologias entre as empresas de grande porte é cerca de uma vez e meia maior quando comparado com a utilização entre as de pequeno porte. A diferença aumenta para quinze vezes quando observada a utilização de 10 ou mais tecnologias.

Uso da digitalização continua focado na melhoria do processo, porém há busca por maior customização do produto

Os diferentes tipos de automação digital (sem sensores, com sensores e com identificação de produtos e condições operacionais) se destacam entre as tecnologias de processo produtivo mais utilizadas. A *Automação digital com sensores para controle de processo* está mais espalhada na indústria brasileira e se manteve como a principal tecnologia digital em uso: 46% das empresas a utilizam, contra 27% em 2016.

A utilização da *Automação digital com sensores para identificação de produtos e condições operacionais e linhas flexíveis* mais do que triplicou desde 2016, passando de 8% para 27% em 2021.

Esse aumento deve abrir caminho para o maior desenvolvimento de produtos customizáveis, onde as linhas flexíveis são essenciais. Além disso, a utilização da *Prototipagem rápida, impressão 3D e similares*, outra tecnologia importante para a customização, teve aumento em sua utilização. Em 2016, até 5% das empresas utilizavam essa tecnologia⁵, contra 16% em 2021.

Em relação ao foco⁶ no produto, *Ferramentas digitais de relacionamento com o cliente (chatbots,*

atendimento ao cliente interativo etc.) foi a tecnologia mais utilizada, com 25% de assinalações.

No foco de desenvolvimento de produto, a tecnologia mais utilizada foi *Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento e manufatura de produtos*, com 33% de assinalações.

Tecnologias com esses focos têm capacidade de agregar maior valor aos produtos e de criar mercado, e ainda são pouco utilizadas. Por exemplo, a impressão 3D, utilizada por apenas 16% das empresas, permite produzir um produto altamente customizado. A incorporação de serviços digitais nos produtos pode agregar funcionalidades antes inexistentes no produto e é utilizada por somente 14% das empresas.

A complexidade de cada tecnologia tem efeito em sua adoção. Nota-se, por exemplo, que as tecnologias com uso de inteligência artificial, como *Design assistido por Inteligência Artificial (4%)* e *Aplicações de Inteligência Artificial para soluções na fábrica (9%)*, estão entre as menos adotadas, independente do porte de empresa.

⁵ Em 2016, a tecnologia foi listada como "Manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D", enquanto em 2021 a manufatura aditiva foi separada como outra tecnologia. Por essa razão podemos afirmar que no máximo 5% das empresas utilizavam a tecnologia digital "impressão 3D" em 2016.

⁶ As tecnologias digitais foram classificadas segundo sua utilização nos estágios da cadeia produtiva (desenvolvimento, processo de produção e produto). Ver tabela 1.

Tabela 1 - Utilização das tecnologias digitais na Indústria

Percentual de respostas (%)

Foco	Tecnologia	2016*	2021
Processo de produção/ gestão dos negócios	Automação digital com sensores para controle de processo	27	46
	Automação digital sem sensores, uso de Controlador Lógico Programável (CLP) sem sensores		39
	Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis	8	27
	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (<i>big data</i>) do processo produtivo		21
	Inspeção da qualidade automatizada ou avançada		18
	Sistemas integrados de manufatura, como comunicação M2M (máquina-máquina)		17
	Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES** e SCADA	7	17
	Manufatura aditiva, robôs colaborativos (<i>cobots</i>)		12
	Ferramentas digitais que aumentam as capacidades dos trabalhadores (<i>smart glasses, smart watches, etc.</i>)		11
	Aplicações de Inteligência Artificial para soluções na fábrica		9
Desenvolvimento de produto	Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento e manufatura de produtos	19	33
	Prototipagem rápida, impressão 3D e similares		16
	Simulações/análise de modelos virtuais para projeto e comissionamento (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.)	5	13
	Simulação de processos e gêmeos digitais (<i>Digital Twins</i>)		3
Produto/novos modelos de negócios	Ferramentas digitais de relacionamento com o cliente (<i>chatbots, atendimento ao cliente interativo, etc.</i>)		25
	Incorporação de serviços digitais nos produtos (<i>Internet das Coisas ou Product Service Systems</i>)	4	14
	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (<i>big data</i>) sobre o mercado; monitoramento do uso dos produtos pelos consumidores		13
	Design assistido por inteligência artificial		4

Nota: A soma dos percentuais supera 100% devido a possibilidade de múltiplas escolhas.

*Os dados de 2016 são de pesquisa de 2016 da CNI (ver Referências). Em 2016, 10 tecnologias foram listadas contra 18 em 2021. A tabela compara apenas as tecnologias que estavam listadas nas duas pesquisas realizadas.

**MES – Manufacturing Execution Systems; SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition.

Setor automotivo é o que emprega maior variedade de tecnologias

O setor de Equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos se destaca, com 88% das empresas utilizando pelo menos uma tecnologia digital, seguido pelo setor de Biocombustíveis (81%) e Sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal (HPPC) (80%). Entre os setores onde há menos empresas utilizando pelo menos uma tecnologia digital, se encontram o de Produtos de minerais não metálicos (44%), seguido pelo de Couros e artefatos de couro (45%) e Impressão e reprodução de gravações (46%).

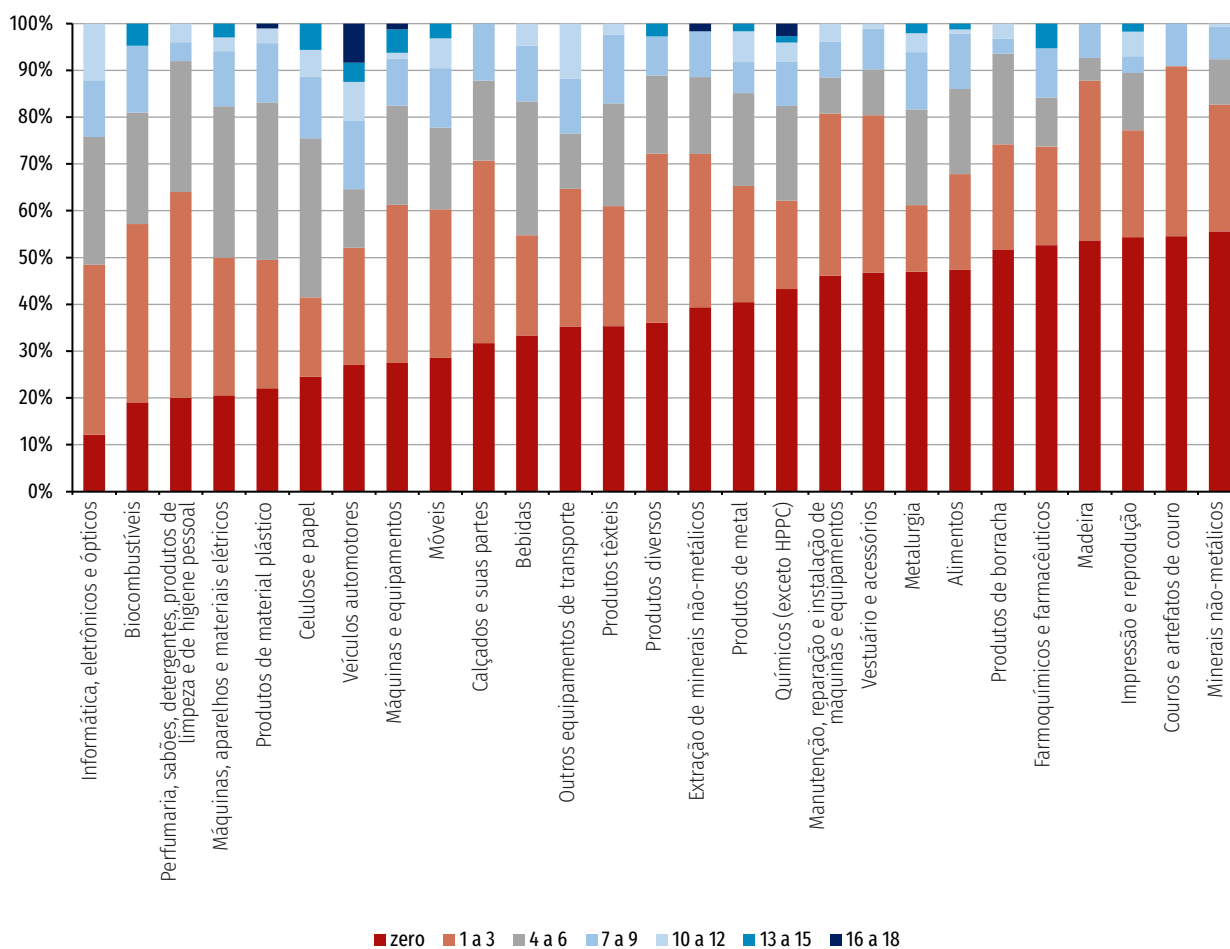
Contudo, os setores que aparecem no topo desse ranking não necessariamente são os que utilizam

as tecnologias digitais mais intensamente, como mostra o Gráfico 3. Por exemplo, enquanto no setor de Veículos automotores, reboques e carrocerias 35% das empresas utilizam 7 ou mais tecnologias digitais, no setor de HPPC, essa quantidade se limita a 8% das empresas.

O setor de Veículos automotores, reboques e carrocerias se destaca como o setor que utiliza o maior número de tecnologias digitais. Aproximadamente 8% das empresas do setor utilizam pelo menos 16 tecnologias digitais, enquanto o setor de Químicos (exceto HPPC) fica em segundo lugar, com 3% para essa faixa de tecnologias utilizadas.

Gráfico 3 - Utilização por faixas de quantidade de tecnologias e por setor.

Percentual de respostas por faixa de uso (%)



Nota: Setores ordenados pelo percentual de empresas que usa pelo menos uma tecnologia digital, do maior para o menor.

Setores mais intensivos em tecnologia são pioneiros na adoção de novas tecnologias digitais

Ao se observar a utilização das tecnologias pelos setores segundo sua intensidade tecnológica⁷, verifica-se que setores de alta e média-alta tecnologia são os que lideram a adoção de tecnologias que ainda eram pouco utilizadas em 2016. Exemplo disso, a *Prototipagem rápida, impressão 3D e similares*, foi assinalada por 27% e 20% nos setores de alta e média-alta intensidade tecnológica respectivamente, enquanto esses valores atingem apenas 11% em setores de média-baixa e baixa intensidade tecnológica.

O mesmo fenômeno ocorre para outras tecnologias menos consolidadas na indústria. No foco do produto, os setores de alta e média-alta intensidade tecnológica se destacam no uso de todas as tecnologias.

No foco de desenvolvimento do produto, apenas na tecnologia *Design assistido por inteligência artificial* a adoção não é superior nesses setores, indicando se tratar de uma tecnologia ainda pouco

desenvolvida e de maior complexidade de adoção, ou seja, é pouco adotada mesmo entre os setores de maior intensidade tecnológica.

As tecnologias diretamente relacionadas ao processo produtivo, como os diversos tipos de automação digital, são as mais adotadas independentemente da intensidade tecnológica dos setores. Exemplo disso é a *Automação digital com sensores para controle de processo*, sendo a tecnologia mais adotada, com pelo menos 35% de assinalações em cada nível de intensidade tecnológica.

Ainda em relação ao foco do processo, a adoção das tecnologias mais avançadas, como a inspeção da qualidade automatizada, manufatura aditiva, robôs colaborativos e coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (big data) também se destacam nos setores de alta e média-alta intensidade tecnológica.

⁷ Veja a classificação dos setores por intensidade tecnológica no Apêndice B ao final do documento.

Tabela 2 - Uso de tecnologias digitais

Percentual de respostas por intensidade tecnológica (%)

Foco	Tecnologia	Intensidade tecnológica			
		alta	média-alta	média-baixa	baixa
Desenvolvimento	Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento e manufatura de produtos	29	44	25	22
	Prototipagem rápida, impressão 3D e similares	27	20	11	11
	Design assistido por inteligência artificial	2	5	2	3
	Simulações/análise de modelos virtuais para projeto e comissionamento (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional etc.)	15	19	9	5
Processo	Automação digital sem sensores, uso de Controlador Lógico Programável (CLP) sem sensores	27	38	31	28
	Automação digital com sensores para controle de processo	37	39	35	36
	Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis	27	20	17	22
	Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA*	17	15	11	10
	Sistemas integrados de manufatura, como comunicação M2M (máquina-máquina)	15	14	9	14
	Aplicações de Inteligência Artificial para soluções na fábrica	8	9	5	6
	Simulação de processos e gêmeos digitais (<i>Digital Twins</i>)	0	5	1	1
	Manufatura aditiva, robôs colaborativos (cobots)	12	14	8	6
	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (<i>big data</i>) do processo produtivo	21	18	16	14
	Inspeção da qualidade automatizada ou avançada	25	17	11	12
Produto	Ferramentas digitais que aumentam as capacidades dos trabalhadores (<i>smart glasses, smart watches, etc.</i>)	6	12	9	8
	Incorporação de serviços digitais nos produtos (<i>Internet das Coisas</i> ou <i>Product Service Systems</i>)	15	15	10	10
	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (<i>big data</i>) sobre o mercado; monitoramento do uso dos produtos pelos consumidores	21	13	8	9
	Ferramentas digitais de relacionamento com o cliente (<i>chatbots, atendimento ao cliente interativo, etc.</i>)	31	28	18	22

Nota: A soma dos percentuais supera 100% devido a possibilidade de múltiplas escolhas.

*MES – *Manufacturing Execution Systems*; SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition*.

Aumento da produtividade é benefício mais reconhecido

Independentemente do porte ou do setor analisado, os principais benefícios obtidos com o uso das tecnologias digitais são relacionados com as tecnologias mais adotadas pela indústria, ou seja, as que têm foco em processo produtivo.

7 a cada 10 empresas (72%) apontaram o *Aumento da produtividade* como um dos cinco principais benefícios obtidos pela empresa com o uso de tecnologias digitais, tornando esse benefício o mais assinalado.

Empatados em segundo lugar, a *Melhora da qualidade dos produtos ou serviços* e a *Redução de custos operacionais*, foram assinalados por cerca de 6 a cada 10 empresas (60%).

Os benefícios obtidos também mostram que as tecnologias digitais conseguem trazer soluções específicas para cada setor. Por exemplo, entre os cinco setores da indústria de transformação que mais assinalaram o *Aumento da eficiência energética* como benefício, quatro deles se encontram entre os 10 mais eletrointensivos da indústria⁸.

Outro exemplo disso, o *Desenvolvimento de produtos ou serviços mais customizados* foi indicado principalmente em setores onde as características dos produtos permitem maior customização, como Máquinas, aparelhos e materiais elétricos (30%), Calçados e suas partes (29%), Veículos automotores, reboques e carrocerias (29%), Equipamentos de informática, produtos eletrônicos e outros (24%) entre outros.

Gráfico 4 - Benefícios obtidos ao adotar tecnologias digitais

Percentual de respostas (%)



Nota: A soma dos percentuais supera 100% devido a possibilidade de múltiplas escolhas.

⁸ Os setores Celulose, papel e produtos de papel; Produtos têxteis; Produtos alimentícios e Produtos de material plástico, que estão entre os 5 que mais assinalaram o benefício *Aumento da eficiência energética*, se encontram entre os 10 maiores consumidores de energia elétrica da indústria, de acordo com EPE (2021).

Alto custo de implantação continua a maior barreira interna

O *Alto custo de implantação* é considerado a maior barreira interna à adoção de tecnologias digitais, independentemente do porte da empresa, opção assinalada por pelo menos 6 a cada 10 empresas (66%). O resultado repete o observado em 2016. A diferença para as opções que empatam em segundo lugar no ranking chega a 40 pontos percentuais.

Depois do alto custo, aparecem empatadas as barreiras: *Estrutura e cultura da empresa*, *Falta de clareza na definição do retorno sobre o investimento* e *Falta de conhecimento técnico sobre as tecnologias digitais*, assinaladas por cerca de um quarto das indústrias como uma das três principais barreiras internas que dificultam a adoção de tecnologias digitais.

Para pequenas e médias empresas, a barreira *Falta de conhecimento técnico sobre as tecnologias digitais* aparece sozinha em segundo lugar, sendo apontada por quase 30% dessas empresas. Por outro lado, essa barreira foi apontada por 20% das grandes empresas, ficando em quinto lugar. A diferença reforça a necessidade de difusão do conhecimento das tecnologias entre empresas de menor porte para expandir sua adoção.

Além de ter sido considerado o maior obstáculo à adoção de tecnologias digitais por porte de empresa, o alto custo de implementação foi percebido por todos os setores como sendo a maior barreira interna.

Gráfico 5 - Barreiras internas que dificultam a adoção das tecnologias digitais

Percentual de respostas (%)



Nota: A soma dos percentuais supera 100% devido a possibilidade de múltiplas escolhas.

*Os dados de 2016 são de pesquisa de 2016 da CNI (ver Referências). As opções “Falta de conhecimento técnico sobre as tecnologias digitais” e “Tempo de implementação elevado” não estavam presentes no questionário da pesquisa de 2016. Desse modo, **os percentuais da pesquisa de 2016 não podem ser comparados com os percentuais da pesquisa de 2021**. No entanto, é possível avaliar o ranking nas duas pesquisas.

Falta de trabalhador qualificado continua sendo principal barreira externa

Quando perguntadas sobre as barreiras externas à empresa que dificultam a adoção de tecnologias digitais, 37% assinalaram a *Falta de trabalhador qualificado* entre as três principais barreiras, opção mais assinalada pelas empresas, independentemente do porte. Essa mesma barreira foi a mais assinalada pelas empresas em 2016.

Em segundo lugar, aparece a barreira *Dificuldade para identificar tecnologias e parceiros*, assinalada por pelo menos 3 a cada 10 empresas (33%), entre as três maiores barreiras externas para adoção de tecnologias digitais, reforçando a dificuldade com a falta de conhecimento técnico a respeito das tecnologias.

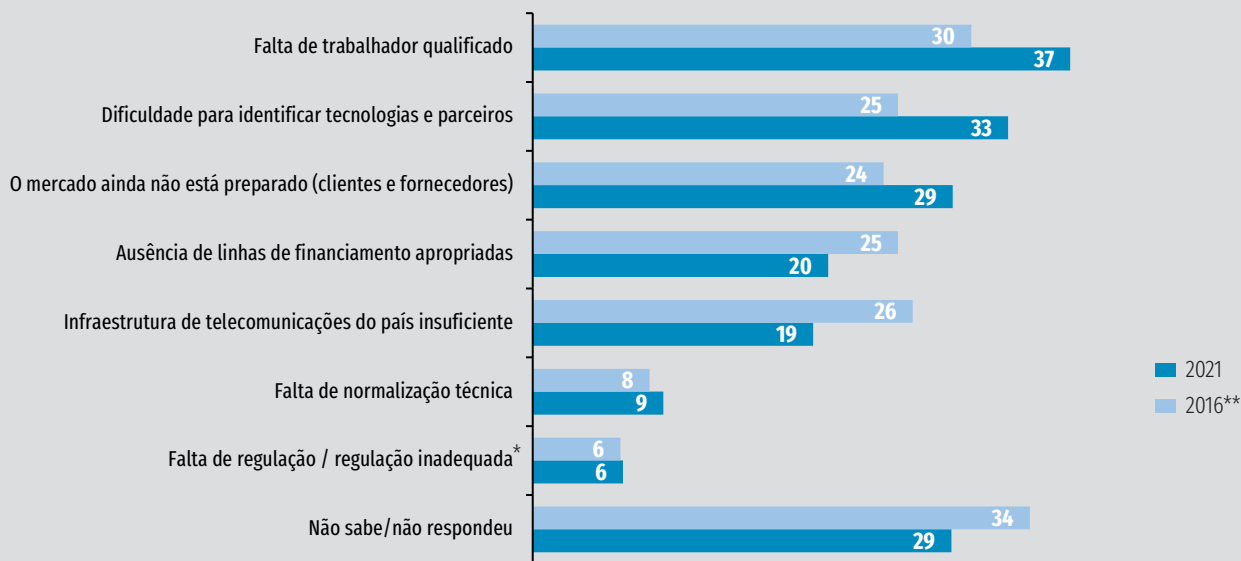
Com percentual próximo, em terceiro lugar, aparece a barreira *O mercado ainda não está preparado (clientes e fornecedores)*, sendo assinalada por 29% das empresas.

Apesar de as empresas industriais apontarem o alto custo de implantação como a maior barreira interna para adoção de tecnologias digitais (66% de assinalações), a barreira externa *Ausência de linhas de financiamento apropriadas* aparece apenas em quarto lugar, empatada com *Infraestrutura de telecomunicações do país insuficiente*. Cerca de 2 a cada 10 empresas (20%) apontaram esses entraves como uma das três principais barreiras externas que dificultam a adoção de tecnologias digitais.

Essas barreiras perderam importância frente às demais nos últimos anos. Em 2016, apareciam em segundo lugar no ranking. Linhas de financiamento voltadas para as tecnologias da indústria 4.0 foram criadas a partir de 2019 (Finep InovaCred 4.0, BNDES Máquinas 4.0 e BNDES Serviços 4.0) e podem ter contribuído para essa mudança de percepção.

Gráfico 6 - Barreiras externas que dificultam a adoção de tecnologias digitais

Percentual de respostas (%)



Nota: A soma dos percentuais supera 100% devido a possibilidade de múltiplas escolhas.

*Esta opção em 2016 aparecia como "Falta de regulação", sendo alterada para "Falta de regulação/ regulação inadequada" no questionário de 2021.

**Os dados de 2016 são de pesquisa de 2016 da CNI (ver Referências).

REFERÊNCIAS

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Sondagem Especial 66 - Indústria 4.0**, Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-66-industria-4-0/>. Acessado em: 03 de novembro 2021.

UNIDO - United Nations Industrial Development Organization. **Industry 4.0: Opportunities behind the challenge**, 2017. Disponível em: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-06/UNIDO%20Background%20Paper%20on%20Industry%204.0_FINAL_TII.pdf. Acessado em: 03 de novembro de 2021.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe (regiões e subsistemas), 2021**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>. Acessado em: 03 de novembro de 2021.

APÊNDICE A

LISTA DAS 18 TECNOLOGIAS DIGITAIS PESQUISADAS E CAD/CAM

TECNOLOGIAS

1	Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento e manufatura de produtos
2	Prototipagem rápida, impressão 3D e similares
3	Design assistido por inteligência artificial
4	Simulações/análise de modelos virtuais para projeto e comissionamento (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.)
5	Automação digital sem sensores, uso de Controlador Lógico Programável (CLP) sem sensores
6	Automação digital com sensores para controle de processo
7	Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis
8	Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA*
9	Sistemas integrados de manufatura, como comunicação M2M (máquina-máquina)
10	Aplicações de Inteligência Artificial para soluções na fábrica
11	Simulação de processos e gêmeos digitais (<i>Digital Twins</i>)
12	Manufatura aditiva, robôs colaborativos (cobots)
13	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (<i>big data</i>) do processo produtivo
14	Inspeção da qualidade automatizada ou avançada
15	Ferramentas digitais que aumentam as capacidades dos trabalhadores (<i>smart glasses, smart watches, etc.</i>)
16	Incorporação de serviços digitais nos produtos (Internet das Coisas ou <i>Product Service Systems</i>)
17	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (<i>big data</i>) sobre o mercado; monitoramento do uso dos produtos pelos consumidores
18	Ferramentas digitais de relacionamento com o cliente (chatbots, atendimento ao cliente interativo, etc.)
	Projetos de manufatura por computador CAD/CAM (embora não seja considerada tecnologia digital, gostaríamos de saber se a empresa utiliza)

Nota: A lista apresentada às empresas também incluiu "Projetos de manufatura por computador CAD/CAM", totalizando 19 itens. Os projetos CAD/CAM são licenças de softwares. Embora indiquem maior automação na fábrica, não são tecnologias digitais. A inclusão se deu para marcar a diferença para a tecnologia digital "Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento e manufatura de produtos". Do total de indústrias, 3% utilizam somente "Projetos de manufatura por computador CAD/CAM".

*MES – *Manufacturing Execution Systems*; SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition*.

APÊNDICE B

CÁLCULO DO USO POR FAIXAS DE TECNOLOGIAS DIGITAIS

Com o objetivo de se ter uma medida aproximada do grau de digitalização das empresas, calculamos o número total de tecnologias digitais usadas por cada empresa respondente. Quanto maior o indicador, ou seja, quanto maior o uso de tecnologias digitais maior seria a maturidade da empresa na Indústria 4.0.

Cabe ressaltar, que a interpretação deve ser feita com cautela, pois o uso dos diferentes tipos de tecnologias digitais varia de acordo com as características dos setores industriais.

Além disso, pode-se assumir que algumas aplicações são etapas de um processo de digitalização, portanto, o uso de um tipo pode levar ao abandono de outro tipo. Isso tende a acontecer no caso dos três tipos de automação listados (“automação digital sem sensores”; “automação digital com sensores para controle de processo” e “automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis”).

Para se obter o número total de tecnologias digitais usadas, cada uma das 18 tecnologias digitais recebe pontuação 1, à exceção de “automação digital com sensores para controle de processo” e de “automação digital com identificação de produtos e condições operacionais/linhas flexíveis”.

A empresa que assinala “automação digital com sensores para controle de processo” recebe 2 pontos. Mas, caso também indique o uso de “automação digital sem sensores”, não recebe nenhum ponto por esse uso.

De forma análoga, a empresa que registra o uso de “automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis” recebe 3 pontos. Caso também indique o uso de “automação digital com sensores para controle de processo” e/ou “automação digital sem sensores”, não recebe nenhum ponto por esses usos.

Desse modo, a pontuação máxima que uma empresa pode obter continua sendo 18, que é o número total de tecnologias listadas.

APÊNDICE C

CLASSIFICAÇÃO POR INTENSIDADE TECNOLÓGICA

SETORES	CATEGORIAS
Farmoquímicos e farmacêuticos	Alta
Equipamentos de informática, eletrônicos e ópticos	
Químicos (exceto HPPC)*	Média-alta
HPPC*	
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	
Máquinas e equipamentos	
Veículos automotores	
Outros equipamentos de transporte	
Biocombustíveis	
Produtos de borracha	Média-baixa
Produtos de material plástico	
Minerais não metálicos	
Metalurgia	
Produtos de metal	
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	
Alimentos	
Bebidas	
Fumo	
Produtos Têxteis	
Vestuário e acessórios	Baixa
Calçados e suas partes	
Couros e artefatos de couro	
Madeira	
Celulose e papel	
Impressão e reprodução	
Móveis	
Produtos diversos	

Fonte: Classificação elaborada pela CNI, com base em OECD. ISIC VER. 3 *Technology Intensity Definition*, 2011.

*HPPC - Sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal.

APÊNDICE D

USO DAS 10 TECNOLOGIAS DIGITAIS LISTADAS NA PESQUISA DE 2016 PERCENTUAL DE RESPOSTAS (%)

Foco	Tecnologia	Uso
Processo	Automação digital com sensores para controle de processo	27
	Automação digital sem sensores	11
	Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis	8
	Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA (*)	7
Desenvolvimento	Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos	19
	Manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D	5
	Simulações/análise de modelos virtuais para projeto e comissionamento (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.)	5
Produto	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (<i>big data</i>)	9
	Utilização de serviços em nuvem associados ao produto	6
	Incorporação de serviços digitais nos produtos ("Internet das Coisas" ou <i>Product Service Systems</i>)	4

Nota: A soma dos percentuais supera 100% devido a possibilidade de múltiplas escolhas.

(*) MES – *Manufacturing Execution Systems*; SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition*.



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Perfil da amostra:

Indústria geral (Transformação + Extrativa): 1.691 empresas, sendo 684 pequenas, 607 médias e 400 grandes.

Período de coleta: 1 a 16 de abril de 2021.



VEJA MAIS

Mais informações desta pesquisa em: www.cni.com.br/sondespecial



Documento concluído em 1 de abril de 2022.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA

Elaboração

Inácio Calache Cozendey

Samantha Ferreira e Cunha

Gerência de Política Industrial - GPI

Superintendência de Desenvolvimento Industrial - SDI

Diretoria de Desenvolvimento Industrial e Economia - DDIE

Produção de estatísticas

Edson Velloso

Roxana Maria Rossy Campos

Gerência de Estatística - GEST

Gerência Executiva de Economia - ECON

Diretoria de Desenvolvimento Industrial e Economia - DDIE

Produção editorial, projeto gráfico e diagramação

Carla Gadêlha

Coordenação de Divulgação - CDIV

Gerência Executiva de Economia - ECON

Diretoria de Desenvolvimento Industrial e Economia - DDIE

Normalização

Alberto Nemoto Yamaguti

Área de Administração, Documentação e Informação - ADINF

Diretoria de Serviços Corporativos - DSC

Serviço de Atendimento ao Cliente – SAC

Tels.: (61) 3317-9989 / 3317-9992

E-mail: sac@cni.com.br

www.portaldaindustria.com.br



Confederação Nacional da Indústria

PELO FUTURO DA INDÚSTRIA