



NOTAS TÉCNICAS Nº IDB-TN-02833

Roteiro para a transformação digital do setor de energia na América Latina e Caribe

Autores:

Oliverio Álvarez Alonso
Alberto Díaz Echeverria
Noé Afonso Pérez
Alfonso Sánchez Campos
Cecilia Bordiu Garcia-Ovies

Editores:

José Luis Irigoyen
Jairo Alexander Riobó Patino
Eric Fernando Boeck Daza
María Angelica Pfeifer Vargas

Banco Interamericano de Desenvolvimento
Divisão de Energia

Outubro de 2023



Roteiro para a transformação digital do setor de energia na América Latina e Caribe

Autores:

Oliverio Álvarez Alonso
Alberto Díaz Echeverría
Noé Afonso Pérez
Alfonso Sánchez Campos
Cecilia Bordiu Garcia-Ovies

Editores:

José Luis Irigoyen
Jairo Alexander Riobó Patino
Eric Fernando Boeck Daza
María Angelica Pfeifer Vargas

Banco Interamericano de Desenvolvimento
Divisão de Energia

Outubro de 2023

**Catálogo na fonte fornecida pela
Biblioteca Felipe Herrera do
Banco Interamericano de Desenvolvimento**

Roteiro para a transformação digital do setor de energia na América Latina e Caribe / Oliveira Alvarez, Alberto Díaz Echeverría, Noé Afonso, Alfonso Sánchez Campos, Cecilia Bordiu Garcia-Ovies.

p. cm. — (Nota Técnica do BID ; 2833)

Inclui referências bibliográficas.

1. Energy industries-Technological innovations-Latin America. 2. Energy industries-Technological innovations-Caribbean Area. 3. Computer security-Latin America. 4. Computer security-Caribbean Area. I. Alvarez Alonso, Oliverio. II. Díaz Echeverría, Alberto. III. Afonso, Noe. IV. Sánchez Campos, Alfonso. V. Bordiu, Cecilia. VI. Banco Interamericano de Desenvolvimento. Divisão de Energia. VII. Série.

IDB-TN-2833

JEL Codes: L94 , O14, O32, O33, O54, Q4, Q54, Q55

Palavras chaves: Transformação digital, digitalização, energia, usuários, resiliência, cadeia de valor, inovação, tecnologia, flexibilidade, cibersegurança

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2023 Banco Interamericano de Desenvolvimento. Esta obra está licenciada sob uma licença Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Os termos e condições indicados no link URL devem ser atendidos e o respectivo reconhecimento deve ser concedido ao BID.

Além da seção 8 da licença acima, qualquer mediação relacionada a disputas decorrentes de tal licença deve ser conduzida de acordo com as Regras de Mediação da OMPI. Qualquer controvérsia relacionada ao uso das obras do BID que não possa ser resolvida amigavelmente deverá ser submetida à arbitragem de acordo com as regras da Comissão das Nações Unidas sobre Direito Comercial Internacional (UNCITRAL). O uso do nome do BID para qualquer finalidade que não seja atribuição e o uso do logotipo do BID estarão sujeitos a um contrato de licença por escrito separado entre o BID e o usuário e não está autorizado como parte desta licença.

Observe que o link da URL inclui termos e condições que são parte integrante desta licença.

As opiniões expressas nesta publicação são de responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente a posição do Banco Interamericano de Desenvolvimento, de sua Diretoria Executiva, ou dos países que eles representam.





**Roteiro para a
transformação digital
do setor de energia
na América Latina
e Caribe**

Agradecimientos

Este relatório faz parte da agenda de conhecimento desenvolvida pela Divisão de Energia do Banco Interamericano de Desenvolvimento, que visa desenvolver novos produtos de conhecimento e programas de assistência técnica para os países da América Latina e Caribe. Os produtos de conhecimento gerados destinam-se a informar, orientar e oferecer um menu de recomendações aos decisores políticos e participantes ativos nos mercados de energia, incluindo consumidores, serviços públicos e reguladores.

O relatório foi elaborado sob a direção geral de Marcelino Madrigal (Chefe da Divisão de Energia). O líder da equipe é José Luis Irigoyen. Os principais autores do relatório são Oliverio Álvarez Alonso, Alberto Díaz Echeverría, Noé Afonso Pérez, Alfonso Sánchez Campos, Cecilia Bordiu García-Ovies da Deloitte Espanha. Os membros da equipe incluem Eric Fernando Boeck Daza, Jairo Alexander Riobó Patino e María Angelica Pfeifer Vargas. A equipe agradece a Lenin Balza, Arturo Alarcón, Virginia María Snyder e Adriana Valencia Jaramillo por seus comentários e revisões. A equipe agradece o apoio financeiro da cooperação técnica “InfraDigital - Promovendo a transformação digital para serviços de infraestrutura e energia na ALC” (RG-T4098).

Índice



1. Introdução	05
2. Tecnologias para a digitalização do setor energético	11
3. Principais tendências do setor energético mundial	14
4. Estado atual da transformação digital na região	29
5. A visão dos agentes da região sobre o processo de transformação digital	43
5.1. Grau de progresso da transformação digital na região segundo agentes	44
5.2. Principais reflexões extraídas da visão dos agentes setoriais pesquisados	48
6. Melhores práticas globais identificadas e potencialmente replicáveis na ALC	50
6.1. Melhores práticas e lições aprendidas para a transformação digital do setor	51
6.2. Recomendações para acelerar a transformação digital na região	57
6.3. Potencial de replicabilidade das melhores práticas a médio e longo prazo	60
ANEXO A. Tecnologias para a digitalização do setor da energia	63
ANEXO B. Contatos mantidos com agentes públicos e privados do setor	76
ANEXO C. Formulário de pesquisa de agentes da ALC	78



Índice de figuras

Figura 1. Principais mudanças nos sistemas energéticos atuais. Fonte: Elaboração própria, adaptada do relatório “Visión FutuRed 2050” (Futured, 2020).	06
Figura 2. Elementos-chave para a transformação digital do setor energético. Fonte: Elaboração própria.	07
Figura 3. Potencial de redução de custos no setor elétrico, como resultado da digitalização, em bilhões de dólares (International Energy Agency, 2017)	08
Figura 4. Parâmetros de seleção de países. Fonte: Elaboração própria.	15
Figura 5. Principais tendências em torno da transformação digital centrada no usuário. Fonte: Elaboração própria.	16
Figura 6. Modelos de negócios por Behind the meter. Fonte: Elaboração própria.	19
Figura 7. Previsão de capacidade renovável para 2030. Fonte: Elaboração própria baseada em dados da Comissão Europeia, REE, Terna, Governo do Reino Unido, GlobalData, EIA, EnerData, IEA.	20
Figura 8. Desafios das alterações climáticas no campo do setor energético. Fonte: Elaboração própria, adaptada do gráfico da OCDE – Relatório “Infraestrutura resiliente ao clima” (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2018).	24
Figura 9. Prioridades e preocupações da América Latina e do Caribe dos líderes do setor de energia na região. Fonte: Elaboração própria, adaptado do relatório “World Energy Issues Monitor 2022” (World Energy Council, 2022)	30
Figura 10. Países selecionados para avaliar o estado atual da transformação digital na região da ALC. Fonte: Elaboração própria.	31
Figura 11. Taxa de eletrificação por país. Fonte: Elaboração própria, com base em dados do Relatório “Panorama Energético da América Latina e Caribe 2022” (OLADE, sieLAC, 2022).	31
Figura 12. Intervalos de penetração de medidores inteligentes nos diferentes países da região. Fonte: Elaboração própria, com base em dados do relatório “Medição inteligente na América Latina e Caribe” (Banco Interamericano de Desarrollo, 2023).	32
Figura 13. Países pioneiros no desenvolvimento de iniciativas para a implantação de comunidades energéticas. Fonte: Elaboração própria com base em informações nacionais e setoriais.	33
Figura 14. Capacidade instalada na região (2021). Fonte: Elaboração própria com base em dados do Relatório de Perspectivas Energéticas para a América Latina e Caribe 2022 (OLADE, sieLAC, 2022).	35

Figura 15. Capacidade instalada de geração de energia elétrica na região - Países com maior implantação renovável (GW) (Hub de energía, 2021)	36
Figura 16. Capacidade instalada de geração de eletricidade na região - Países com implantação renovável mais moderada (GW) (Energy Hub, 2021) (Macro Data, 2021)	36
Figura 17. Desenvolvimento temporário de melhores práticas no ambiente de transformação digital do setor energético. Fonte: Elaboração própria.	60

Índice de tabelas

Tabela 1. Classificação das tecnologias emergentes inovadoras no setor da energia. Fonte: Elaboração própria	12
Tabela 2. Grau de progresso de Smart metering em países selecionados. Fonte: Elaboração própria.	17
Tabela 3. Estratégias de cibersegurança nos países analisados. Fonte: Elaboração própria, com base em dados obtidos da Agenzia per la Cybersicurezza Nazionale, Departamento Nacional de Seguridad, la Presidência do Conselho de Ministros, Cabinet Office UK Government, U.S. Department of Energy e South Korean Ministry of Science and ICT.	26
Tabela 4. Classificação das tecnologias emergentes inovadoras no setor da energia. Fonte: Elaboração própria.	63

Glossário de siglas

ACERA	Associação Chilena de Energias Renováveis e Armazenamento
ADELAT	Associação Latino-Americana de Distribuidores de Energia Elétrica
AMI	Alfabetização midiática e informacional
ARERA	Regulatory Authority for Energy, Networks and Environment (<i>Autoridade Reguladora para Energia, Redes e Meio Ambiente</i>)
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BIM	Building Information Modeling
CAPEX	Capital Expenditures (<i>Despesas de Capital</i>)
CFE	Comissão Federal de Eletricidade do Chile
CIGRE	Comitê Chileno do Conselho Internacional de Grandes Redes
CIO	Chief Information Officer (<i>Diretor de Informação</i>)
CONRED	Coordenador Nacional de Redução de Desastres Naturais ou Provocados
CTO	Chief Technology Officer (<i>Diretor de Tecnologia</i>)
EBITDA	Earnings Before Interest Taxes Depreciation and Amortization (<i>Lucros Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização</i>)
ESCOs	Empresas de Serviços de Energia
GW	Gigawatio
P+D+i	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
ICT	Information and Communication Technology (<i>Tecnologías da Informação e Comunicação</i>)
IEA	International Energy Agency (<i>Agência Internacional de energia</i>)
IoT	Internet of things (<i>Internet das Coisas</i>)
IRA	Inflation Reduction Act (<i>Lei de Redução da Inflação</i>)
ALC	Latin America and Caribbean (<i>América Latina e Caribe</i>)
LCOE	Levelized Cost of Energy (<i>Custo Nivelado de Energia</i>)
OEA	Organização dos Estados Americanos
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OLADE	Organização Latino-Americana de Energia
OPEX	Operational expenditures (<i>Despesas Operacionais</i>)
P2P	Peer to peer (<i>Ponto a Ponto</i>)
REE	Red Eléctrica de España
RPA	Robotic Process Automation (<i>Automação Robótica de Processos</i>)
TI	Tecnologia da informação
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
TIR	Taxa Interna de Retorno
UNGRD	Unidade Nacional de Gestão de Riscos de Desastres

Resumo executivo



A **transformação digital do setor energético** é um processo que vai além da introdução de **tecnologias avançadas**, implica uma mudança profunda que engloba tanto a atualização de ativos, ferramentas e sistemas quanto a transformação da cultura organizacional e das interações sociais **nas empresas do setor**.



Nesse contexto, a **elaboração de um roteiro para a transformação digital do setor de energia na região da América Latina e Caribe** é um ambicioso exercício de previsão no qual variáveis tecnológicas, econômicas, culturais e sociais devem ser consideradas.


Este exercício é complexo devido aos **desafios emergentes** que o setor enfrenta atualmente e num futuro próximo: a **descarbonização** dos sistemas energéticos, a **eletrificação** progressiva da demanda, que passa por garantir o acesso a eletricidade de qualidade para 100% da população, a necessidade de garantir a qualidade **do fornecimento** de energia diante de uma crescente implantação de tecnologias renováveis, de caráter intermitente; e **maior eficiência energética** por meio da redução de perdas na rede.

Essa necessária transformação digital é impulsionada por quatro pilares básicos que têm sido a base da transformação e modernização do próprio setor: (i) aumento progressivo **da participação dos usuários** nos sistemas de energia, como agentes ativos nos mercados, (ii) transição para modelos de geração de energia mais sustentáveis e flexíveis, (iii) a necessidade de um sistema energético resiliente a fenômenos naturais cada vez mais extremos e a riscos cibernéticos, (iv) uma **cadeia de valor** sólida e de proximidade.


O **desenvolvimento desse processo de transformação não é uniforme**, com diferentes graus de implementação, tanto na região da ALC quanto internacionalmente. Nesse sentido, a identificação de casos de sucesso em outros países e sua potencial replicabilidade na região, tem sido considerada um fator chave para o desenvolvimento de um roteiro, e a **análise extraiu cinco recomendações relevantes para a transformação digital da região**:

- ▶ **1. Um marco regulatório moderno e estável.** A regulação é considerada um dos principais incentivadores para que as empresas do setor privado invistam na implantação de novas soluções para a transformação digital do setor. Em particular, ter uma definição técnica compartilhada ou objetivos específicos proporciona segurança ao longo do tempo e segurança jurídica na implantação de tecnologias disruptivas ou novos modelos de negócios.

Note-se que os países analisados têm ou estão em processo de desenvolvimento de regulamentações específicas no campo da transformação digital. Alguns deles, como o Reino Unido, contam com ferramentas como bancos de testes regulatórios para alcançar um rápido desenvolvimento e envolver as partes interessadas, identificando as principais barreiras regulatórias que enfrentam ao implantar soluções de digitalização no nível do setor. Outros, como Itália, Espanha e Portugal, evoluem com base em objetivos específicos definidos e incentivados pela União Europeia, através dos seus Planos Nacionais Integrados de Energia e Clima.




Após a análise do estado da região da ALC, recomenda-se, como primeiro passo, o desenvolvimento de uma visão compartilhada da transformação digital, bem como o desenvolvimento de estratégias e planos que definam objetivos claros e se adaptem às diversas realidades locais. Já que, segundo **37% dos agentes do setor pesquisados, a existência de regulação inadequada é uma restrição para o avanço da transformação digital nele.**




2. Incentivos econômicos para investimento em digitalização. Uma transformação digital adequada do setor energético significará um aumento da qualidade e da eficiência, o que poderá traduzir-se em poupanças econômicas para o sistema energético. No entanto, para chegar a esse ponto, são necessários incentivos econômicos ao investimento que permitam uma transformação digital homogênea do setor.

De todos os países analisados, vale destacar o exemplo dos Estados Unidos, que possui programas de apoio econômico voltados ao fortalecimento da infraestrutura de rede por meio da implementação de tecnologias digitais disruptivas, por exemplo, com programas como o *Inflation Reduction Act* ou o *Smart Grid Investment Program*. Da mesma forma, nos países da União Europeia, após a COVID-19, foi implementada uma série de medidas através de fundos europeus para incentivar o desenvolvimento de infraestruturas energéticas, bem como a inovação a nível setorial, através de novos modelos e vetores energéticos.

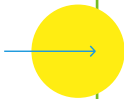


No contexto da região da ALC, identificou-se uma distribuição desigual de custos e benefícios entre os atores envolvidos, o que pode desencorajar a adoção generalizada de tecnologias digitais. Enfrentar essa assimetria requer a **implementação de políticas e estratégias que promovam o acesso equitativo às tecnologias digitais e a colaboração entre governos, empresas e organizações.** Nesse sentido, os custos da transformação digital são a principal barreira identificada, por **67% dos agentes entrevistados**, para o desenvolvimento da transformação digital.



3. Adoção tecnológica para modelos e serviços disruptivos. Parte do processo de transformação digital integra a necessidade de ter tecnologias digitais disruptivas aliadas ao máximo aproveitamento de seu potencial no setor. Em outras palavras, o objetivo final dessa transformação transcende o fato de alcançar maior eficiência dos processos, e tem uma perspectiva mais ampla que envolve a introdução de novos modelos de negócios que envolvam o usuário final como agente do mercado.

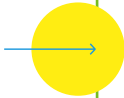
Os países líderes em transformação digital analisados compartilham dessa visão, que vai além de introduzir melhorias no sistema existente, para dar origem a um modelo mais disruptivo. Em particular, a Coreia do Sul tem uma indústria muito poderosa no campo do desenvolvimento de tecnologia da informação que a torna disponível soluções digitais disruptivas aplicáveis ao campo da energia.



A partir das ideias extraídas da análise do estado atual da região, observou-se que as **tecnologias digitais tendem a ser mais destinadas a melhorar os processos existentes em vez de promover a inovação e novos modelos de negócio**, o que significa que ainda há potencial a ser explorado na transformação digital do setor, especialmente nas áreas tecnologicamente mais disruptivas. De acordo com as barreiras identificadas pelos agentes pesquisados, considera-se fundamental investir em novas tecnologias. **33% dos agentes entrevistados consideram que a infraestrutura tecnológica atual é insuficiente**. Essa visão é especialmente reforçada no setor público, com mais de 41% dos agentes públicos do setor considerando-a como uma barreira para a implantação efetiva da transformação digital.

4. Cultura digital. Junto com o progressivo desenvolvimento digital, há uma mudança na consciência social que impulsiona o setor de energia para novos modelos de negócios cada vez mais digitalizados.

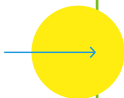
Um aspecto comum identificado nos países líderes e, sobretudo, nas conversas com agentes relevantes a nível setorial, é a implementação de estratégias e planos por parte dos agentes privados do setor energético para desenvolver competências digitais e impulsionar a transformação digital desde o núcleo das empresas, até aos clientes.



Atualmente, a região reflete um potencial de melhoria na **definição de indicadores técnicos uniformes e uma cultura digital sólida que dificultam a avaliação precisa do progresso na adoção de tecnologias digitais e na promoção de uma cultura digital** no setor de energia. Para enfrentar estes desafios, a **região deve investir no desenvolvimento de conhecimentos e competências digitais no setor**. Nesse contexto, alguns fatores limitantes destacados pelos agentes pesquisados para **o avanço da transformação digital do setor, em ordem de relevância, são: a falta de uma cultura digital, o desconhecimento e a resistência à mudança**.

5. Colaboração público-privada para cadeias de valor digitais no setor. A necessidade de uma notável implantação de tecnologias digitais para realizar com sucesso o processo de transformação, pode impulsionar o desenvolvimento de uma indústria de proximidade mais moderna e orientada para as necessidades setoriais, como a evolução do setor de fabricação de bens de capital. Isso também requer investimento do setor privado.

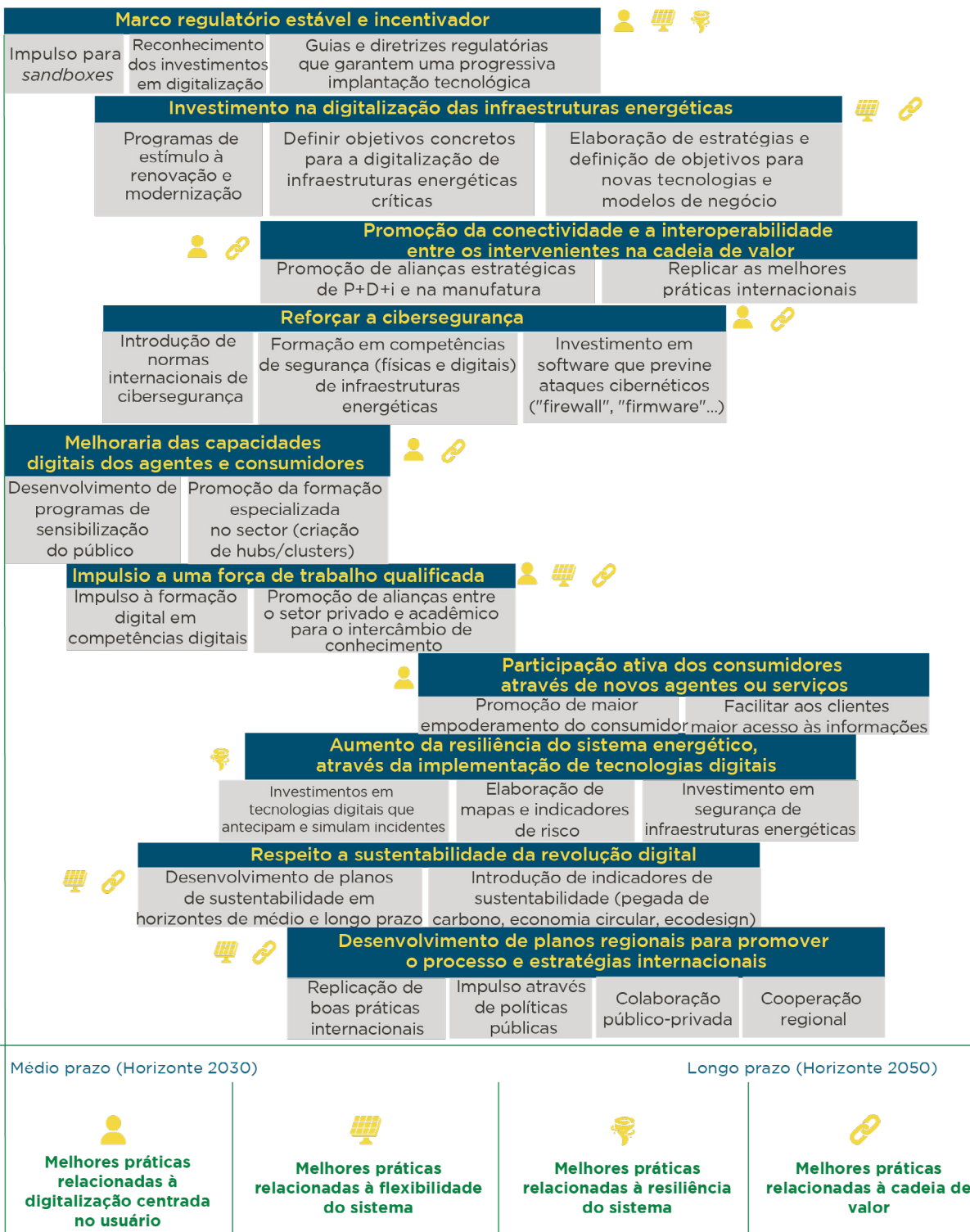
Nesse sentido, regiões como a Europa e os Estados Unidos lançaram iniciativas intersetoriais para reindustrializar setores que vinham perdendo progressivamente potencial industrial em favor de outras regiões.



Em particular, a região da ALC tem vantagens importantes sobre outras regiões: a **presença em seu território de recursos renováveis e reservas minerais estratégicas de interesse para novos modelos de negócios de energia**. Isso pode levar a um impacto positivo na sociedade por meio da criação de empregos qualificados e oportunidades de industrialização.

No entanto, a **implantação** dessas práticas deve ser **progressiva e distribuída no médio e longo prazo**, a fim de **destravar o grande potencial de desenvolvimento do setor energético**. A ilustração a seguir, desenvolvida na Seção 7, classifica, por prioridade temporal e por impacto na transformação digital, as melhores práticas identificadas:

Críticidade para garantir o sucesso do processo de transformação digital



Este desenvolvimento potencial está ligado à **implantação tecnológica** e funcionalidades associadas para alcançar uma maior participação dos utilizadores nos mercados energéticos, um sistema energético mais eficiente e limpo através da flexibilidade do sistema para a introdução de tecnologias de geração renovável, uma maior proteção dos sistemas contra catástrofes naturais e ciberataques, aumentar sua resiliência; e, uma cadeia de valor com maior relevância na região.



01 Introdução



A **transição energética**, que está a acontecer globalmente, e os objetivos de redução de emissões que lhe estão associados, **afeta o setor energético com grande intensidade devido ao seu elevado impacto na emissão de dióxido de carbono** no ambiente durante as fases de geração de energia, e nas fases subsequentes da cadeia de valor. Essas metas globais são, em grande parte, consequência do Acordo de Paris, tratado juridicamente vinculativo assinado em 2015 por mais de 190 países, cujo principal objetivo é limitar o aquecimento global a 2°C por meio da redução das emissões poluentes na atmosfera.



Por isso, o setor de energia está imerso há anos em um processo de transformação em direção a novos modelos de negócios e de gestão que são o reflexo, entre outros, de: (i) **progresso tecnológico**, aplicável a todas as áreas da sociedade, e do qual o setor pode se beneficiar para a **implantação de soluções de digitalização** e (ii) uma profunda mudança na **consciência social**, o que representa uma tendência para **modelos mais sustentáveis e descentralizados**, em que o usuário tem maior controle e informação para se consolidar como mais um agente nos mercados de energia.



Figura 1. Principais mudanças nos sistemas energéticos atuais. Fonte: Elaboração própria, adaptada do relatório “Visión FutuRed 2050” (Futured, 2020).

Estes objetivos de descarbonização estão a resultar na **substituição progressiva dos combustíveis fósseis** por eletricidade proveniente de fontes renováveis ou por outros suportes energéticos, como o hidrogénio verde ou outros gases renováveis. Esta mudança a nível setorial está a ocorrer num contexto de eletrificação do consumo de energia.

Embora este processo de descarbonização dos processos de produção de energia e usos finais seja um **desafio** a nível setorial, há também uma série de oportunidades potenciais associadas a ele. Entre elas, a redução do LCOE (custo nivelado da energia) de tecnologias de geração renovável, que tornam sua implantação mais acessível, ou processos como a transformação digital, que movem o setor para modelos energéticos mais eficientes.

Nesse contexto, cabe destacar **que a transformação digital é um processo que vai além da introdução de tecnologias avançadas, pois implica também uma mudança profunda que abrange tanto a atualização de ferramentas e sistemas, quanto a transformação da cultura organizacional e das interações sociais nas empresas e com os demais agentes.**

Da mesma forma, a transformação digital não é um processo pontual, mas um processo contínuo que envolve a constante evolução das tecnologias disponíveis e **não tem limites pré-definidos**. Esse processo também requer longos períodos de implantação tecnológica que, muitas vezes, resultam na coexistência de tecnologias com diferentes graus de maturidade. O primeiro passo para alcançar uma transformação eficiente é analisar os custos e benefícios que o desenvolvimento tecnológico acarretará, bem como considerar as potenciais dificuldades para sua implementação.

Do ponto de vista tecnológico, esse processo é desenvolvido em duas áreas: **(i) o campo dos dados, ou seja, a aquisição de informações de qualidade em todos os pontos da rede em “tempo real”, a partir da implantação de tecnologias de sensoriamento, que permite ao consumidor maior interação com os sistemas energéticos, e (ii) o escopo da tomada de decisão por meio do tratamento desses dados, que utiliza metodologia de análise de dados, e é executado por meio da implantação de atuadores e comunicações que incorporam protocolos padronizados**¹.



Figura 2. Elementos-chave para a transformação digital do setor energético. Fonte: Elaboração própria.

O recente desenvolvimento digital do setor de energia está ligado ao das tecnologias da informação e sua constante evolução nas últimas décadas a partir de três conceitos: interação, informação e computação. Deve-se notar que o início da implementação dessas tecnologias no setor de energia tem sido variável de acordo com a região e teve uma evolução exponencial até agora, intimamente ligada ao desenvolvimento do mundo das telecomunicações em todas as áreas da sociedade. Na União Europeia, o início da sua implantação é aproximadamente em 2008, quando a Comissão adotou um Plano de Recuperação da Economia Europeia, que se concentrou na necessidade de investir na eficiência energética e em tecnologias limpas. Neste contexto, a Comissão propôs, na Comunicação “Investir hoje na Europa de amanhã”, um pacote de medidas para canalizar o apoio financeiro para a energia e as redes de banda larga de alta velocidade (Deloitte, 2023) (Comisión Europea, 2009).

¹ Este capítulo “1. Introdução” foi desenvolvido com base no conhecimento e experiência de trabalho adquiridos pelos especialistas participantes do projeto.

Sem dúvida, a interação com as tecnologias da informação tem se tornado progressivamente mais simples, intuitiva e até imersiva. Ao longo dos anos, as informações processadas e produzidas pela tecnologia evoluíram de meros cálculos numéricos para análises preditivas, algoritmos e inteligência artificial que permitem decisões baseadas em dados. Neste contexto, deve notar-se também como os custos de aquisição e transmissão de dados têm sido progressivamente reduzidos.

No que diz respeito, em particular, ao setor elétrico, a AIE estima que a digitalização representou uma economia global de mais de 80 bilhões de dólares por ano, ou 5% dos custos anuais totais de geração de energia. Essas economias de custos são distribuídas conforme mostrado na **Figura 3** (International Energy Agency, 2017) .

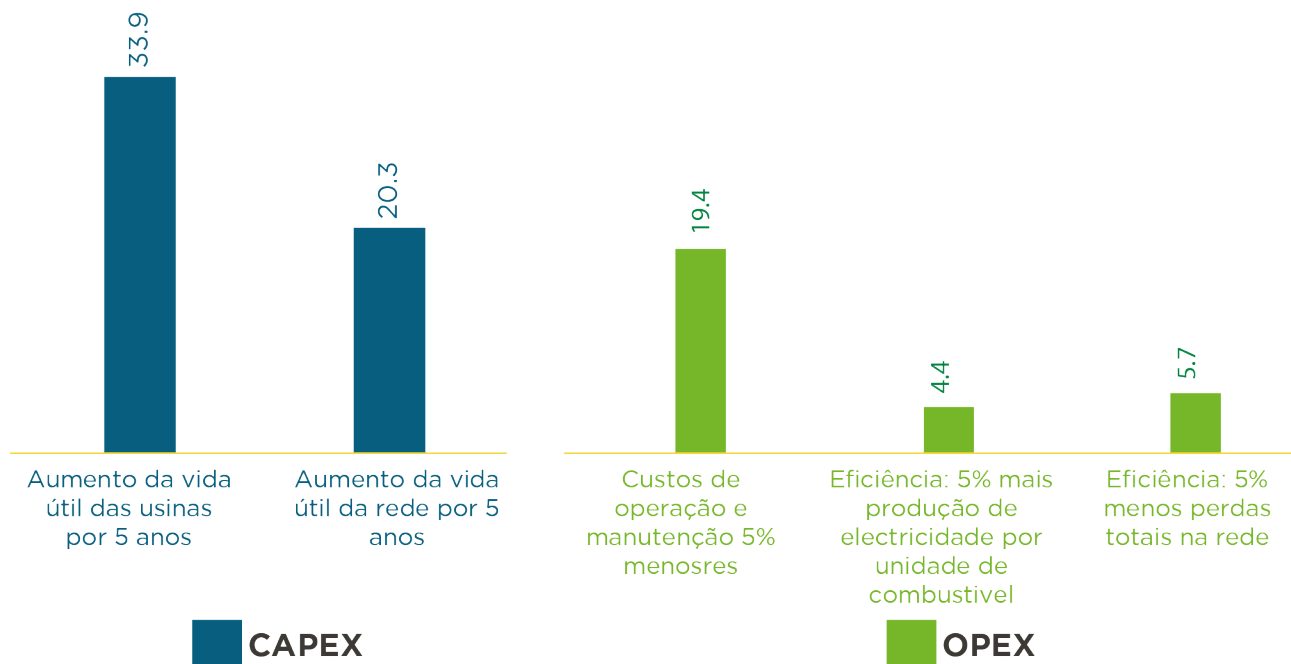


Figura 3. Potencial de redução de custos no setor elétrico, como resultado da digitalização, em bilhões de dólares (International Energy Agency, 2017)

Além disso, cabe destacar que essa **necessária** transformação digital é impulsionada por **quatro pilares básicos** que têm sido a base da transformação e modernização do setor: (i) aumento progressivo **da participação dos usuários nos** sistemas energéticos, como agentes ativos nos mercados, (ii) transição **para modelos de geração de energia mais sustentáveis e flexíveis.**, (iii) a necessidade de um **sistema energético resiliente** a fenômenos naturais cada vez mais extremos e a riscos cibernéticos, (iv) uma **cadeia de valor sólida e de proximidade**. Para cada um destes pilares, foram identificadas as melhores práticas nos países analisados no domínio da digitalização²:

² Este capítulo “2.1. Pilares que garantem o desenvolvimento da digitalização no setor” foi desenvolvido com base no conhecimento e experiência de trabalho adquiridos pelos especialistas participantes do projeto.



Digitalização centrada no usuário ▶

A digitalização **centrada no usuário** é uma área-chave no processo de transformação digital do setor, motivada pelo empoderamento do consumidor que está ocorrendo no novo cenário energético. Atualmente, a tendência no setor é avançar para um consumidor mais informado, com capacidade de participação ativa nos mercados de energia e que exija novos serviços como o autoconsumo, o carregamento de veículos elétricos ou avanços na eficiência energética em casa. Para avançar nisso, a captação de dados digitais, seu processamento e posterior tomada de decisão serão fundamentais.

◀ Flexibilidade do sistema para incorporar energias renováveis



O setor exige cada vez mais **flexibilidade do sistema para incorporar tecnologias de geração renovável** que garantam a descarbonização progressiva dos sistemas energéticos, por meio da modernização das infraestruturas energéticas, com a incorporação de tecnologias digitais ao longo da cadeia de valor, e a penetração de novos vetores energéticos, como os gases renováveis. Nesse sentido, a transformação digital contribuirá para eliminar barreiras relacionadas à geração com recursos renováveis, como intermitência na produção ou congestionamento de redes de escoamento de energia.



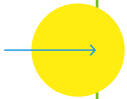
Resiliência dos sistemas energéticos ▶

A **resiliência dos sistemas energéticos** é uma área cada vez mais crítica para o setor, motivada principalmente pelo aumento da intensidade dos fenômenos climáticos naturais, que constituem um risco crescente para a infraestrutura energética, e, adicionalmente, pela própria transformação digital que resulta em potenciais riscos cibernéticos que podem ameaçar a integridade do sistema energético.

◀ Impacto na cadeia de valor



Eventos recentes como a COVID-19 ou a instabilidade geopolítica global causaram uma pressão sobre as cadeias de suprimentos. Portanto, o sucesso da transformação digital do setor estará também no **impacto da digitalização ao longo da cadeia de valor do setor**, na medida em que, por exemplo, determinados processos, como o fornecimento de equipamentos digitais e tecnológicos podem ser afetados e/ou atrasados por uma forte dependência industrial externa.



A transformação digital, centrada nestes quatro pilares, dota o setor energético das ferramentas e tecnologias necessárias para enfrentar uma série de mudanças estruturais, fruto dos ambiciosos objetivos de descarbonização e de uma mudança de cultura, cada vez mais digital e sustentável.

Portanto, a incorporação progressiva de tecnologias digitais sob a consideração desses quatro pilares será um ponto de partida para alcançar progressivamente o cumprimento dos objetivos em nível setorial. Nesse sentido, os próximos capítulos analisarão quais são as tecnologias mais disruptivas, uma análise das melhores ações em países de referência e as melhores práticas aplicáveis para promover a transformação digital na região da ALC.



02

Tecnologias para a digitalização do setor energético





Para entender o processo de transformação digital e as oportunidades imersas na implantação das diferentes tecnologias digitais disponíveis no mercado, é fundamental conhecer as possibilidades oferecidas por cada uma delas. Nesse sentido, existem atualmente inúmeras **tecnologias emergentes e disruptivas** no setor energético, que estão sendo implementadas progressivamente, e que abrangem inúmeras aplicações **para o desenvolvimento dos pilares básicos da transformação digital**.



A aplicação de tecnologias disruptivas aos quatro pilares

O grau de avanço do processo de transformação digital e a penetração de tecnologias digitais de ponta depende principalmente da maturidade do marco regulatório e do volume de investimentos no setor energético de cada país, além de outras variáveis que serão detalhadas nos próximos capítulos. Nesse sentido, as tecnologias mais emergentes e disruptivas já estão presentes nos sistemas energéticos mais avançados e maduros do mundo, gerando benefícios notáveis tanto para os agentes que desenvolvem sua atividade no setor, quanto para os consumidores. Do ponto de vista dessa análise, analisou-se como essas tecnologias contribuem para cada um dos quatro pilares da transformação digital.





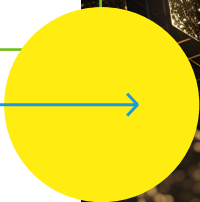
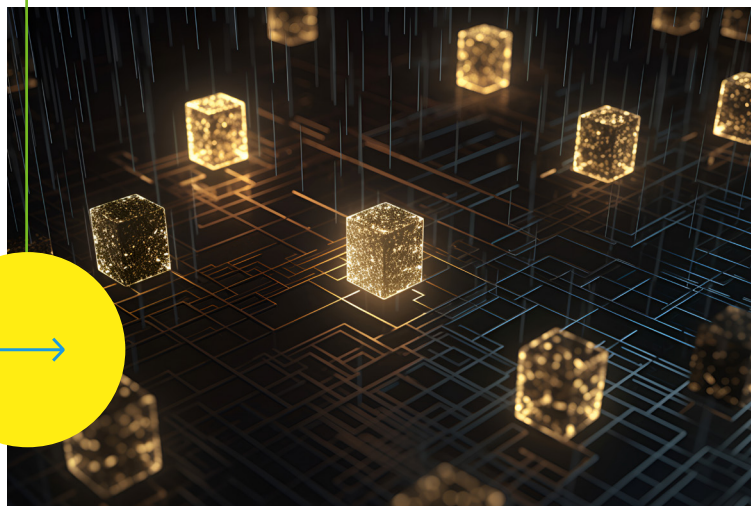
	 Digitalização centrada no usuário	 Flexibilidade do sistema para incorporar energias renováveis	 Resiliência dos sistemas energéticos	 Impacto na cadeia de valor
Blockchain	●	●	○	●
Big data	●	●	●	○
Cloud computing	●	●	●	○
Sensorização	●	●	●	○
Advanced Metering Infrastructure (AMI) & Smart Meters	●	○	○	○
Inteligência Artificial (IA)	●	●	●	●
Digital Twin	○	●	●	○
Internet of Things (IoT)	●	●	●	●
Robotização	○	●	●	●
Drones	○	●	●	●
Realidade aumentada	●	●	○	○
Conexão 5G	●	●	●	○
Fibra Óptica	●	○	○	○
Edge Computing	○	●	●	○
Segurança cibernética	●	●	●	●

Tabela 1. Classificação das tecnologias emergentes inovadoras no setor da energia. Fonte: Elaboração própria.

A tabela acima, portanto, permite contextualizar o desenvolvimento posterior e dar uma visão holística da transformação digital do setor por meio da implantação de tecnologias habilitadoras em cada pilar. O **anexo A** detalha o papel de cada um deles e as possibilidades de desenvolvimento que permitem no setor da energia. Além disso, as melhores práticas identificadas para cada pilar estão intimamente relacionadas com a implantação das tecnologias digitais refletidas.

Contar com as tecnologias mais avançadas permite ao setor desenvolver soluções digitais, de forma a alcançar maior eficiência energética, otimização de recursos, maior qualidade de fornecimento e inovação no setor.





03

Principais tendências do setor energético mundial



Com o objetivo de identificar alguns casos de sucesso em países com maior grau de progresso na transformação digital, bem como sua potencial replicabilidade, seis países foram selecionados com base em critérios como:



Figura 4. Parâmetros de seleção de países. Fonte: Elaboração própria.



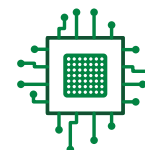
Grau de Penetração de medidores inteligentes: a implantação de medidores inteligentes é um dos principais avanços digitais e um indicador-chave do grau de digitalização das redes de energia, uma vez que permite o acesso e a utilização de dados dos consumidores de energia para permitir a otimização no planejamento e operação das redes de energia.

Promoção das energias renováveis: nível de implantação de tecnologias de geração renovável, como solar ou eólica, e integração destas com sistemas energéticos (redes, infraestruturas, etc.).



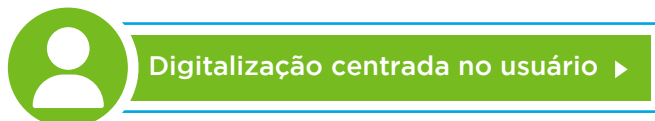
Investimentos em infraestruturas energéticas: nível de investimento na modernização das redes de energia. Também inclui a avaliação da implantação de investimentos em automação e tecnologias de controle, bem como o desenvolvimento de Smart grids.

Utilização de tecnologias digitais emergentes e tecnologias da informação e da comunicação (TIC): avaliação da implantação de tecnologias inovadoras no domínio da comunicação e do funcionamento das redes de energia. Inclui a avaliação no desenvolvimento de software de gestão de redes de energia, implantação de ferramentas em cloud e data analytics.



Adequação do marco regulatório: avaliação do grau de maturidade regulatória, com o objetivo de dar segurança aos investimentos em infraestrutura e estimular o investimento na modernização digital do setor energético.

Como resultado, foram selecionados os seguintes países: Estados Unidos, Espanha, Portugal, Itália, Reino Unido e Coreia do Sul. Esses países experimentaram avanços significativos em termos de transformação digital, que serão abordados a seguir, sob a perspectiva dos quatro pilares definidos. Da mesma forma, no **Anexo B** deste documento, é apresentado um maior detalhamento sobre as análises e contatos realizados com os principais agentes desses países, privados, públicos e institucionais, universidades, centros de pesquisa e fabricantes.



A transformação digital está possibilitando a transformação progressiva do setor energético para um modelo mais distribuído, inteligente, multidirecional e flexível, com maior participação dos usuários em seus próprios mercados de geração, armazenamento e energia, por meio da figura do prosumidor.

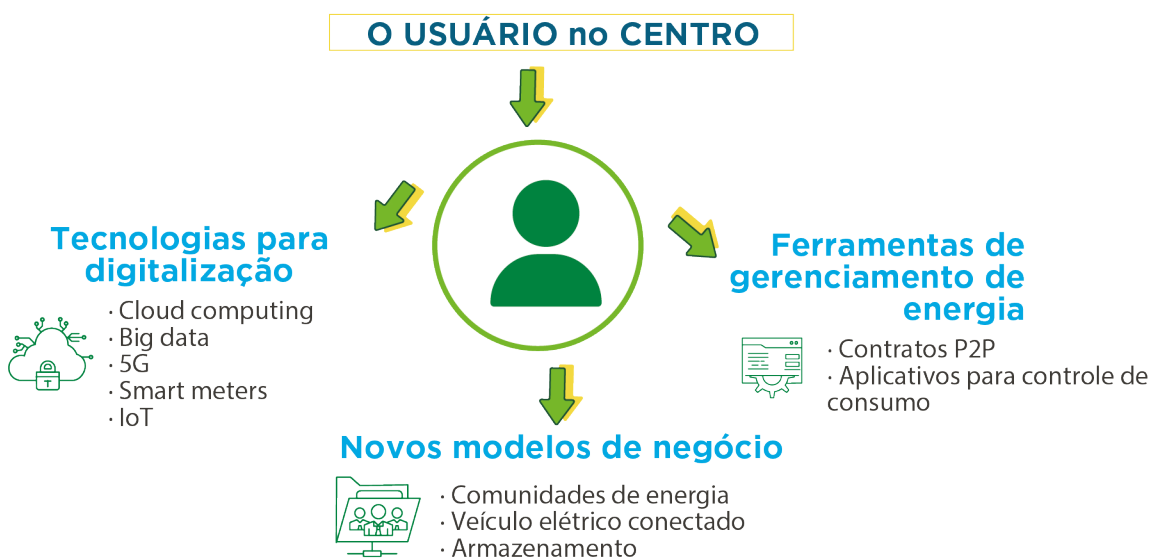


Figura 5. Principais tendências em torno da transformação digital centrada no usuário. Fonte: Elaboração própria.

Nesse novo cenário, uma clara tendência tem sido identificada como comum nos países líderes em transformação digital: **a coleta de dados com a ajuda da tecnologia digital** é um primeiro passo para fornecer inteligência aos elementos dos sistemas de energia acessíveis aos consumidores e possibilitar o desenvolvimento de novos modelos de negócios em redes de energia.

Portanto, nesse cenário, a implantação de **medidores inteligentes** é fundamental, e está resultando em intensos benefícios para o sistema como um todo, a fim de ter dados imediatos, acessíveis e confiáveis que facilitem a tomada de decisão tanto do cliente quanto do Gestor de Rede. Da mesma forma, sua implantação permite um sistema energético mais conectado, moderno e eficiente, e que garante a base para o posterior desenvolvimento de Smart grids ou outros novos modelos de negócios, como os serviços de eficiência energética, altamente desenvolvidos no Reino Unido.

A efetiva implantação dessa tecnologia no setor é motivada por fatores como: (i) a existência de um marco regulatório de incentivos; (ii) o desenvolvimento de tecnologias da informação que facilitem e integrem o equipamento com o restante da infraestrutura energética; (iii) o uso de poderosas ferramentas de processamento que garantam o processamento e o armazenamento de dados de consumo; e (iv) o desenvolvimento de uma arquitetura tecnológica resiliente suportada por tecnologias em nuvem – Cloud computing.

Grau de penetração dos smart meters no setor elétrico

Itália, Espanha, Reino Unido, Estados Unidos, Portugal e Coreia do Sul apresentam diferenças em termos do grau de implementação de medidores inteligentes em suas redes elétricas. Essas diferenças se devem, em parte, à forma como reportam os dados, seja em relação à renovação dos medidores inteligentes já instalados ou à implementação inicial dessa tecnologia. Apesar disso, no Tabela 5 mostra uma comparação do grau de progresso na implantação de medidores inteligentes em cada país de acordo com dados de 2020 e, abaixo, detalha como cada país atingiu seu grau de progresso nessa área:

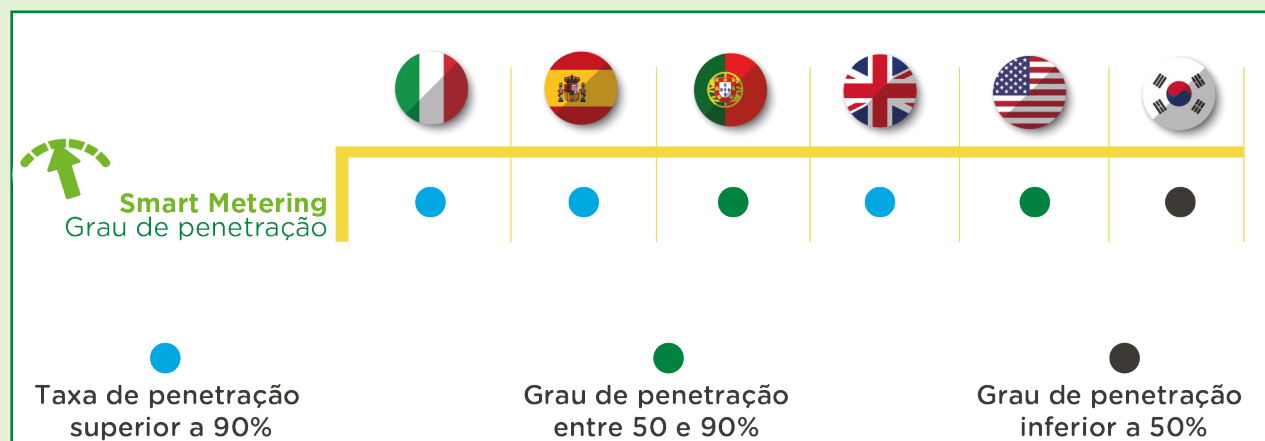


Tabela 2. Grau de progresso de Smart metering em países selecionados. Fonte: Elaboração própria.

Nesse sentido, **Itália** foi o país pioneiro na instalação e tecnologia da Medição Inteligente. Em 2006, anunciou sua primeira diretriz pela entidade reguladora (ARERA), que estabeleceu a obrigatoriedade da instalação de medidores inteligentes no país, com características técnicas mínimas a partir de 2008. Esta ação do regulador, que contou com a colaboração positiva do setor privado, permitiu uma implantação bem-sucedida, atingindo uma penetração de 95% dos medidores digitais em 2011 – apenas atrás da Suécia a nível europeu – com o objetivo de alcançar progressivamente maiores economias de energia, tornando o cliente consciente do seu consumo em tempo real. Até 2025, pelo menos 90% dos pontos de fornecimento precisarão ser equipados com medidores de segunda geração e 96% até 2026. No final de 2021, cerca de metade dos medidores 1G já tinham sido substituídos por medidores 2G. Atualmente, a Itália já planeja a terceira fase de implantação de medidores inteligentes, focada na interação com outros elementos da rede, por meio de sistemas de informação como a Cloud computing (Eurelectric, 2018) (International Energy Agency, 2023b).

Seguiu-se a mesma dinâmica. **Espanha** Depois. Especificamente, a Espanha iniciou sua primeira onda de substituição de medidores inteligentes em 2008 no âmbito do Plano de Substituição de Equipamentos de Medição promovido pela atualmente chamada Comissão Nacional de Mercados e Concorrência (Regulador) com o objetivo de alcançar quase toda a penetração de medidores gerenciados remotamente, um marco alcançado no final de 2018. Atualmente, juntamente com a Itália, Espanha é considerada um dos países mais avançados em termos de digitalização do setor, uma vez que, no final de 2019, já tinha sido alcançada uma taxa de integração de 99,4% (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, 2020).

Outras nações europeias, como **Portugal**, têm taxas de implantação moderadas até o momento. Em 2020, o número de medidores inteligentes implantados foi de 2 milhões – 52% do total de medidores –; há uma meta da principal distribuidora de energia de atingir um volume aproximado de 6,2 milhões de medidores inteligentes até 2025. No entanto, nos últimos anos essa implantação foi significativamente impulsionada, atingindo em 2022, segundo a E-REDES,

mais de 4 milhões de medidores inteligentes, ou seja, mais de 66% do parque de fornecimento de energia elétrica. O caso português exemplifica a importância da modernização de todas as infraestruturas relacionadas na implementação de elementos digitais no sistema energético. Em Portugal, a falta de avanços nos sistemas de transmissão de informação e conectividade nas suas redes de energia tem impedido a adoção generalizada de medidores inteligentes. Isso porque a implantação de medidores inteligentes deve andar de mãos dadas com a atualização ou substituição da infraestrutura elétrica existente (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, 2020) (International Energy Agency, 2021a).

Por outro lado, **Reino Unido** também está atrasado na implantação de medidores inteligentes, combinando uma participação de substituição de 57%. Embora, para combater o baixo percentual de renovação do parque de medidores, eles lançaram programas disruptivos de incentivos econômicos para projetos de sistemas de medidores inteligentes baseados na *Internet of things*. Essas medidas de choque, com financiamento e não apenas regulação, podem produzir maior interesse do setor privado e garantir níveis notáveis de sucesso em um curto espaço de tempo (UK Department for Energy Security and Net Zero, 2023).

No caso de **Estados Unidos**, o programa *Smart Grid Investment Grant* incentiva economicamente o desenvolvimento de soluções avançadas de medição e levou a uma taxa de implantação de 69% (U.S. Energy Information Administration, 2022a).

Este programa destina-se a aumentar a flexibilidade, eficiência e fiabilidade do sistema energético, com particular atenção, no âmbito do consumo, à integração de capacidade renovável distribuída, bem como de veículos elétricos, edifícios inteligentes e outros dispositivos.

O programa Smart Grid Investment Grant está projetado para investir até US\$ 3 bilhões (US\$ 600 milhões por ano durante os anos fiscais de 2022-2026) em tecnologias e soluções de resiliência (U.S. Department of Energy, 2022a).

Finalmente, em relação a **Coreia do Sul**, sua implantação está progredindo lentamente. Em 2019, 8,48 milhões de medidores já haviam sido implantados, e a implantação total de 22,5 milhões de metros estava prevista para ocorrer durante 2020 – atualmente a Coreia do Sul tem aproximadamente 52 milhões de habitantes. No entanto, o projeto de implantação sofreu atrasos, conforme o esperado, nas análises realizadas sobre a implantação de medidores inteligentes e AMI na Coreia do Sul, e atualmente está em um estágio mais avançado. Embora a Coreia do Sul tenha sido um dos primeiros países asiáticos a implantar iniciativas relacionadas a Smart Grids, destaca-se sua “Smart Grid Initiative”, que visa principalmente modernizar os sistemas de energia elétrica do país, promovendo o desenvolvimento, demonstração e expansão de tecnologias de smart grid. Depois dessa iniciativa, lançou outras, como a “Lei de Promoção do Estabelecimento e Uso de Redes Inteligentes”, para estabelecer a base regulatória para a construção de uma rede inteligente em nível nacional. O roteiro nacional de redes inteligentes desenvolvido pela Coreia do Sul tem cinco áreas de implementação: consumidor inteligente, transporte inteligente, energias renováveis inteligentes, rede inteligente e serviços de eletricidade inteligente. Paralelamente a esse roteiro, a KEPCO está desenvolvendo um sistema avançado de monitoramento da distribuição de energia para se preparar para a variabilidade da geração renovável no país (International Energy Agency, 2020a) (International Energy Agency, 2020a) (International Energy Agency, 2020a).

Essa análise reflete que os países analisados consideram os medidores inteligentes como um instrumento facilitador para o desenvolvimento da transformação digital por meio de conceitos mais amplos que viabilizam novos modelos de negócios na rede que colocam o usuário no centro.

Da mesma forma, e como mais um grau de progresso após a implantação de medidores inteligentes, o **desenvolvimento de redes inteligentes é fundamental para o setor**. Isso deve ser acompanhado pela introdução de sistemas tecnológicos, como a Internet of things, e uma melhoria nas comunicações inteligentes e na conectividade, introduzindo tecnologias como a fibra óptica ou o 5G que, como um todo, permitem a **existência de fluxos bidirecionais de eletricidade** facilitando o desenvolvimento do setor energético em direção a novos modelos de negócios que coloquem o usuário no centro.

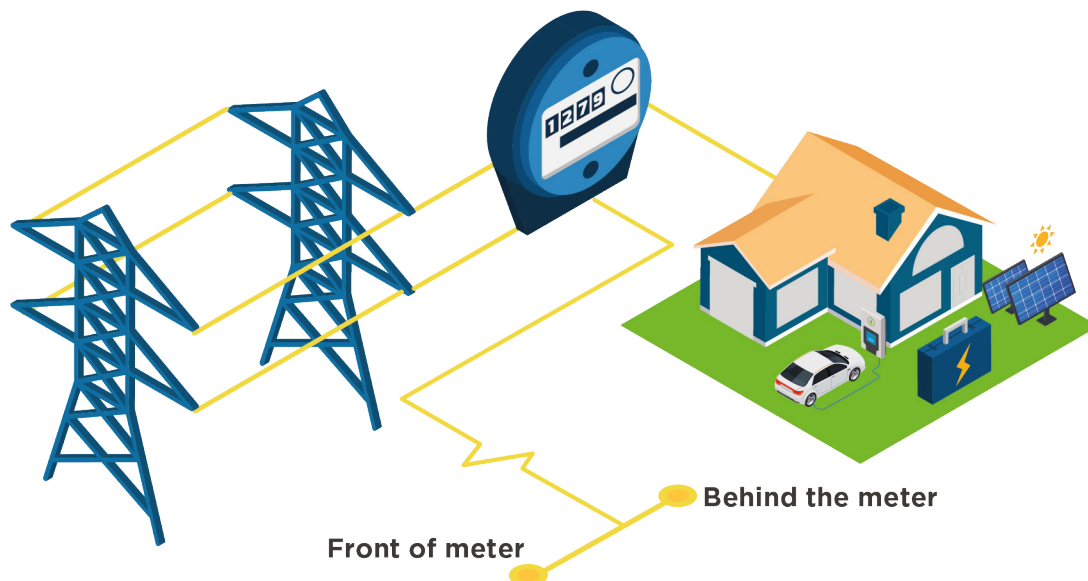


Figura 6 Los modelos de negocio behind-the-meter. Fuente: Elaboración propia.

Estes **modelos de negócio**, como o autoconsumo, o armazenamento ou a mobilidade elétrica, são implementados **Behind the meter** e espera-se que continuem a crescer para cumprir os ambiciosos objetivos definidos a médio e longo prazo, por exemplo, chegar aos 5 milhões de carros elétricos até 2030 em Espanha. Sua implantação confere ao usuário uma maior presença e capacidade de gestão dentro do setor e exige, para que seja eficiente, a implementação de soluções digitais de acesso, transmissão e análise de dados.

Neste contexto, a gestão do consumo por behind-the-meter ou submetering contribui para uma melhoria da eficiência energética das instalações (identificação de padrões de consumo, incorporação de medidas de eficiência e economia de energia, gestão óptima dos equipamentos instalados, etc.) e para a capacitação dos consumidores. Com isso, os dispositivos estarão completamente sincronizados e interligados e o consumidor poderá decidir a qualquer momento quais ações tomar. Isso é especialmente relevante nos países onde há um maior grau de digitalização. Da mesma forma, a disponibilidade de informações detalhadas que são possibilitadas graças à submetering permitiria o desenvolvimento de outros modelos de negócios, como microrredes ou comunidades de energia nas quais os usuários trocam energia por meio de vendas P2P (Peer-to-peer).

Todos esses desenvolvimentos tecnológicos não são possíveis sem a existência de um **marco regulatório estável que proporcione segurança e estimule o investimento no desenvolvimento tecnológico e a implantação de novos modelos de negócios**. No entanto, em geral, ele se desenvolve em uma velocidade mais lenta do que o setor, criando uma barreira para a implantação da digitalização. Nesse sentido, instrumentos como **sandbox** regulatórios tornam-se importantes e têm um duplo benefício, para o regulador e para o setor privado: (i) por um lado, permite que as empresas tenham um ambiente controlado sem barreiras regulatórias para testar a validade de suas soluções e (ii) por outro, permite que o regulador reduza os prazos para o desenvolvimento de um marco regulatório, que possibilita a implantação de tecnologias e inovação no setor, graças à identificação, pelas empresas, das principais barreiras regulatórias.

Com tudo isso, cabe destacar que a digitalização centrada no usuário possui aspectos fundamentais para sua implantação, desde a incorporação de tecnologias que permitem o acesso aos dados, até a regulação como ferramenta de incentivo para o desenvolvimento das soluções mais inovadoras e disruptivas.

Medidas positivas de interesse identificadas em outras regiões

A digitalização centrada no usuário, baseada nas melhores práticas observadas nos países analisados, é apoiada por vários pontos chave. Em primeiro lugar, promove o desenvolvimento de **planos de implementação de Smart metering e a renovação dos medidores existentes como ponto de partida para o desenvolvimento de conceitos mais relevantes para o setor**, como as Smart grids. Além disso, é estabelecido um marco regulatório estável que proporciona segurança jurídica aos investidores e incentiva o financiamento da transformação digital. O setor privado desempenha um papel fundamental no investimento em planos que impulsionam a evolução para um modelo energético focado na digitalização e no usuário. Para estimular ainda mais essa transição, **são implementados incentivos regulatórios e econômicos que facilitam a integração de soluções e tecnologias digitais**, incentivando o surgimento de novos modelos de negócios.

Finalmente, está sendo feito um trabalho para **eliminar obstáculos que podem limitar o acesso e a análise massiva de dados gerados por sistemas de energia**. Isto é feito com foco na proteção dos direitos dos consumidores e na segurança dos dados, garantindo assim um ambiente propício para a digitalização no setor da energia.



Flexibilidade do sistema para incorporar energias renováveis

Perante um paradigma social em que a transição energética assume um papel cada vez mais importante, os planos e estratégias, a nível global e nacional, contemplam objetivos cada vez mais ambiciosos em termos de descarbonização.

Desta forma, a matriz energética encontra-se num **processo de constante transformação para um matriz mais sustentável, em que as tecnologias de geração renovável são cada vez mais importantes**, em linha com os objetivos de aumentar a capacidade instalada até 2030, muitas vezes cobrindo quase metade da demanda com energia proveniente de fontes renováveis em países como Espanha.

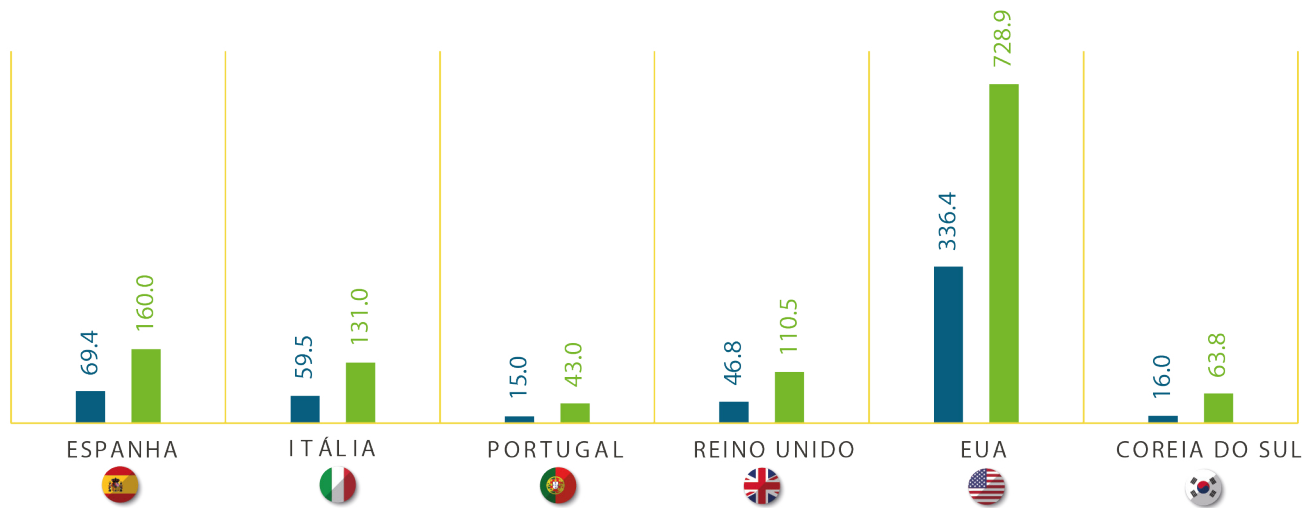


Figura 7. Previsão de capacidade renovável para 2030. Fonte: Elaboração própria baseada em dados da Comissão Europeia, REE, Terna, Governo do Reino Unido, GlobalData, EIA, EnerData, IEA.

Isso representa um desafio para as redes de energia, pois elas precisam absorver a geração intermitente e mais distribuída do que nos modelos tradicionais de geração. Nesse contexto, **o processo de transformação digital no campo** energético, por meio do uso de tecnologias avançadas e sistemas inteligentes, representa uma poderosa **ferramenta que permite otimizar a geração, distribuição e consumo de energia renovável de forma eficiente e sustentável**, e limitar os desafios da integração de usinas de geração muito diferentes entre si (desafio da integração territorial de usinas de geração em territórios distantes da demanda), ou concentrados em polos onde o recurso renovável é maior (desafio de congestionamento de nós nas redes de energia).

O estado atual da flexibilidade da rede para incorporar energias renováveis

Os aspectos que definem o **estado atual** desse processo de transformação digital nos países selecionados são: **(i) a implantação** de incentivos econômicos ou regulatórios **para o desenvolvimento de soluções no âmbito da transformação digital**, **(ii) o desenvolvimento** de estratégias e planos de ação para a digitalização **ou (iii) a implementação** de medidas de **flexibilidade**, entre outros.

Por um lado, para ter uma infraestrutura de rede digitalizada com as tecnologias mais inovadoras, é necessária uma forte alocação de investimentos, como o executado pelos **Estados Unidos** em 2022, onde foram investidos 141 bilhões de dólares na transição energética. **O apoio público, com recursos e políticas de estímulo**, tem caráter **incentivador** para atingir os objetivos traçados.

Por todas essas razões, é necessário estabelecer **Incentivos regulamentares e regimes de investimento** tais como os impulsionados por **Espanha e Itália** dentro de seus Planos de Recuperação e Resiliência. Em concreto, a Espanha disponibilizou uma ajuda de 525 milhões de euros para a implantação digital nas redes de energia. No caso da Itália, foram alocados 3.610 milhões de euros para melhorar a confiabilidade, segurança e flexibilidade do sistema energético nacional, a fim de aumentar a quantidade de energia proveniente de fontes de energia renováveis para pelo menos 4.000 MW, eletrificar pelo menos 1.500.000 consumidores e abrir novos cenários em que os prosumidores. Os consumidores-produtores de energia também podem desempenhar um papel importante, contando com uma implantação tecnológica digital e comunicações inovadoras incluídas no próprio Plano (fibra ótica, 5G etc.) (Gobierno de España, 2021) (Governo Italiano, 2021).

O **Governo Português** Está também a tomar medidas para aumentar a flexibilidade do sistema elétrico, como a implantação de redes inteligentes e projetos-piloto de tarifas dinâmicas e quota de mercado de resposta à procura (International Energy Agency, 2021a).

Assim, **o Governo do Reino Unido**, publicou em 2021, a sua primeira estratégia e plano de ação para a digitalização do setor energético, que procurou através da liderança pública, a colaboração com o setor para desenvolver ferramentas digitais e garantir que a regulação e as políticas incentivam a digitalização do setor (UK Department for Energy Security and Net Zero, 2021).

Da mesma forma, outros países, como a **Coreia do Sul**, promoveram em anos anteriores programas como o “Green Deal” ou o “Digital Deal”, que prevê investimentos no valor de 30 trilhões de won, para melhorar a infraestrutura e a produção de energia com tecnologias de geração renovável. Também são direcionados investimentos em Smart grids, Smart metering e desenvolvimento tecnológico. Especificamente, as medidas propostas incluem a criação de uma plataforma de Big Data, a convergência industrial com redes 5G e o desenvolvimento de Inteligência Artificial no setor de energia (Agência Internacional de Energia, 2021). Isto ajudará que a parcela de eletricidade gerada a partir de fontes renováveis variáveis na Coreia atinja os objetivos para 2030 e 2040 (20% e 30-35%, respetivamente) e, por conseguinte, será necessário um sistema elétrico resiliente e muito mais flexível, capaz de acomodar a parcela crescente de energias renováveis variáveis e descentralizadas (Agência Internacional de Energia, 2020a).

Portanto, neste cenário, caracterizado por uma operação mais complexa dos sistemas de energia, é fundamental contar com as tecnologias digitais mais avançadas e disruptivas para enfrentar seus desafios associados. As funcionalidades dessas tecnologias devem abranger três áreas: a captura de dados da rede e sua integração à rede, a melhoria das comunicações e da operação, o monitoramento, a tomada de decisão e a automação da mesma.

Nesse sentido, a integração de **tecnologias de sensorização** no setor e sua conexão por meio de redes sem fio ou cabeadas de alta velocidade e disponibilidade, são essenciais para **a obtenção de dados dos ativos de rede em tempo real**.

Tais tecnologias de sensoriamento no campo da geração de energia são apresentadas como um recurso valioso para a coleta de dados sobre o desempenho dos ativos de geração. Isso é especialmente relevante em tecnologias de geração renovável, onde sua natureza intermitente torna sua operação mais complexa, além de possibilitar a coleta de dados em sistemas de armazenamento. Da mesma forma, a sensorização é importante na melhoria da eficiência das redes de energia, especialmente na detecção de perdas técnicas e como auxílio à localização de fraudes.

Uma vez que os dados são capturados, entram em cena tecnologias como a **Cloud computing**, que facilita **a comunicação e a troca de informações em tempo real**, o que leva a uma tomada de decisão mais rápida e eficaz durante a operação das redes de energia, e outras tecnologias locais de processamento de dados, como o Edge Computing, que favorece a agilidade da operação das redes.



Da mesma forma, as conexões **5G** possibilitam a transmissão de informações entre múltiplos dispositivos de forma rápida e ágil entre recursos de geração completamente descentralizados, bem como entre centros de autoconsumo e controle, a fim de ter um ótimo funcionamento das redes de energia.

A análise desses dados captados por sensorização implica na necessidade de outras tecnologias, como o **Big Data**, para o **armazenamento e análise de um grande volume de dados** gerados durante a operação do sistema energético. Em particular, no campo da digitalização das redes elétricas, o Big Data adquiriu um papel muito alto nos últimos anos como uma tecnologia habilitadora para a coleta massiva de dados no contexto das redes inteligentes.

Por outro lado, há uma série de tecnologias que visam aumentar a automação de sistemas de energia: **a Inteligência Artificial e o Digital Twins**.

Em relação ao **Inteligência artificial**, vale a pena destacar seu caráter inovador e as oportunidades potenciais que oferece ao setor de energia no futuro. Assim, no futuro seu uso está previsto na operação automática de usinas de geração descentralizadas, de forma que através dessa tecnologia a própria geração possa ser regulada com base nos parâmetros coletados pelos sensores habilitados na infraestrutura energética e fazer uma previsão ajustada da demanda. Da mesma forma, graças à união da Inteligência Artificial com o desenvolvimento de digital twins, simulações das condições de operação e manutenção dessas usinas podem ser realizadas. Atualmente, a Inteligência Artificial é uma das tecnologias com maior projeção futura. Estima-se que o mercado ligado à Inteligência Artificial cresça a uma taxa anual de aproximadamente 39,4% entre o período 2022-2028 (Bloomberg, 2022).

Quanto aos **digital twins**, seu uso é muito positivo nos estágios iniciais de planejamento e desenvolvimento do sistema de energia, uma vez que sua capacidade de replicar virtualmente e em tempo real os parâmetros de geração e operação das redes, permite simular, prever e otimizar as infraestruturas energéticas como um todo. No entanto, o uso de digital twins implica a implantação de outras tecnologias como sensores e ferramentas de conectividade como a Internet of things ou tecnologias como a Inteligência Artificial, com o objetivo de que todos os dados sejam sincronizados entre o modelo virtual e real.

Um potencial uso dos digital twins é como uma ferramenta para prever o status dos ativos, para garantir uma manutenção preditiva correta que evite falhas e interrupções do fornecimento de energia e, portanto, a necessidade de assumir custos mais elevados em tarefas de manutenção corretiva.

Medidas positivas de interesse identificadas em outras regiões

O aumento da capacidade instalada renovável, como parte dos esforços para descarbonizar o setor energético, tem colocado desafios que exigem soluções digitais nos países analisados. Enfatiza-se a necessidade de investir na modernização e adaptação das redes de energia para acomodar a evolução contínua da operação do sistema, juntamente com a promoção de projetos piloto para soluções inovadoras que visem a gestão eficaz de energia renovável descentralizada, o que contribuiria para otimizar sua integração ao sistema energético.



Resiliência dos sistemas energéticos ▶

Os sistemas de energia enfrentam diariamente dois desafios fundamentais em sua operação: (i) a integridade física de seus ativos e (ii) a integridade de seus sistemas de conectividade e comunicações.

O primeiro dos desafios está principalmente ligado aos desafios colocados pelo aumento de **desastres naturais ou eventos atmosféricos adversos derivados das mudanças climáticas**. É cada vez mais comum a existência de ondas de calor que tendem a aumentar a probabilidade de ocorrência de grandes incêndios florestais, ou episódios agudos de secas combinados com chuvas torrenciais, consequência de variações nos padrões de precipitação e mudanças nas temperaturas.

Todas essas mudanças não só geram riscos em nível geral na sociedade, mas também podem **afetar os sistemas energéticos comprometendo a qualidade do fornecimento**. Assim, a título de exemplo, os incêndios florestais podem causar danos irreversíveis às redes de energia; furacões ou ventos de alta velocidade podem colocar em risco a integridade de instalações de geração renovável, como usinas fotovoltaicas ou parques eólicos; as inundações podem dificultar o desenvolvimento dos recursos de biomassa; e as secas podem comprometer ou alterar a produção hidrelétrica, afetando especialmente os países onde esta é a principal fonte de geração.

Nesse sentido, é necessário **estabelecer planos para melhorar a resiliência** aos riscos naturais, escalando com ajuda tecnológica, como com o uso de gêmeos digitais, em que grau de ameaça estão os ativos físicos do sistema energético. É por isso que a digitalização é necessária para melhorar fatores como a medição da hidrologia e, assim, fortalecer a resiliência do fornecimento de energia.

Impactos das mudanças climáticas





	 Mudanças de temperatura	 Aumento do nível do mar	 Mudanças nos padrões de precipitação	 Mudanças nos padrões de tempestade
Implicações no campo da energia	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da eficiência dos painéis solares. • Redução da produção de usinas térmicas devido à limitação da temperatura da água de resfriamento. • Aumento da demanda por refrigeração. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inundação de infraestruturas costeiras, como geração, transmissão e distribuição. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da produção hidrelétrica. • Interrupção do fornecimento devido a alagamentos. • Água de resfriamento insuficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Danos a ativos - por exemplo, parques eólicos, redes de distribuição. • Perdas econômicas devido a quedas de energia.

Figura 8. Desafios das alterações climáticas no campo do setor energético. Fonte: Elaboração própria, adaptada do gráfico da OCDE - Relatório "Infraestrutura resiliente ao clima" (*Organisation for Economic Cooperation and Development, 2018*).

Políticas e planos para melhorar a resiliência a desastres climáticos

Por outro lado, governos e reguladores, com suas políticas públicas, também podem incentivar o desenvolvimento de tecnologias no setor. Um bom exemplo é o Programa Nacional de Digital Twins (PND) de **Reino Unido**, que entrou numa nova fase em 2023, trabalhando em estreita colaboração com a indústria e o mundo acadêmico, visa centralizar a capacidade nacional em digital twins, fornecer um quadro de gestão da informação, garantir o intercâmbio de dados seguro e resiliente e uma gestão eficaz da informação, e coordenar um grupo de trabalho de desenvolvimento digital com os principais atores (Cambridge University, 2018).

Como parte da implementação do programa, em 2021 foi criado o Climate Resilience Demonstrator (CReDo), um projeto pioneiro de digital twins focado em infraestruturas de energia, água e telecomunicações (Digital Twin Hub, 2023).

Além disso, os relatórios de adaptação às mudanças climáticas são publicados regularmente no Reino Unido, detalhando medidas para mitigar os riscos potenciais das mudanças climáticas para os geradores de energia.

No que diz respeito aos **Estados Unidos**, foi estabelecido um Roteiro para a Resiliência no Setor Energético ou guias para avaliar o impacto potencial das alterações climáticas no setor elétrico através do Laboratório Nacional de Energias Renováveis.

Outros países, como **Espanha, Portugal ou Itália**, ainda não dispõem de qualquer orientação específica gerada pelas entidades públicas em relação ao impacto específico dos fenômenos naturais nas infraestruturas energéticas, para além da sua inclusão na análise realizada durante a elaboração dos Planos de Recuperação e Resiliência no âmbito dos fundos comunitários Next Generation.

Da mesma forma, com a progressiva integração de tecnologias digitais, como a Internet of things, uma crescente conectividade de dispositivos, e a implantação de tecnologias como Big Data, Cloud computing ou Edge Computing, que baseiam sua operação na aquisição e análise de um grande volume de dados, as ameaças contra as redes de energia se multiplicam, comprometendo as informações confidenciais de clientes e empresas, e até mesmo um fornecimento de qualidade.

É por isso que devem ser tomadas **ações de cibersegurança** no setor energético que permitam aos agentes privados e públicos detectar qualquer alerta e ameaça cibernética. Essas ações devem ser desenvolvidas, preferencialmente, a partir da colaboração público-privada. Os principais desafios de segurança incluem:

- **Cibersegurança para infraestruturas de energias renováveis** · Novas formas de energia renovável, geralmente de natureza mais descentralizada, trazem consigo novos desafios de segurança cibernética. A proteção dessa nova fronteira de rede é essencial.
- **Segurança física** · É necessário proteger as infraestruturas críticas de ameaças cibernéticas que podem criar problemas de segurança para os funcionários no local e até mesmo para os moradores próximos. Além disso, interrupções nos processos de geração, transmissão e distribuição também podem tornar a energia insegura para os consumidores.
- **Produtividade e tempo de atividade** · Os ataques cibernéticos a empresas do setor têm como objetivo causar atrasos e interrupções nas operações, que causam às organizações prejuízos financeiros significativos.
- **Eficiência operacional** · A falta de integração entre os diferentes elementos de segurança acoplados, juntamente com a fragmentação arquitetônica, aumenta as ineficiências operacionais que podem atrasar a detecção, prevenção e resposta a ameaças, e até mesmo criar redundâncias no gerenciamento de aplicativos ou licenças de software e hardware, o que aumenta as despesas operacionais.
- **Experiência do Cliente** · As empresas de energia agora interagem com sua base de clientes por meio de uma variedade de meios eletrônicos. A segurança das comunicações eletrônicas é fundamental, uma vez que uma violação de segurança pode expor dados pessoais e sensíveis dos clientes.
- **Integridade do produto** · As empresas de energia dedicam-se a fornecer serviços constantes e ininterruptos em determinadas geografias. Ataques cibernéticos que causem quedas de energia ou tempo de inatividade devem ser evitados para fornecer um serviço ininterrupto aos usuários que dependem dessas infraestruturas críticas.
- **Conformidade com regulamentos e normas técnicas** · O setor de energia está sujeito a uma ampla variedade de regulamentos e normas e geralmente está sujeito à supervisão direta do governo. Embora as penalidades financeiras por não conformidade possam ser altas, um custo ainda maior geralmente vem de minar a reputação da marca, em caso de não conformidade ou interrupção do serviço. As organizações devem ser capazes de demonstrar conformidade com vários regulamentos e padrões sem reformular a equipe de iniciativas estratégicas para preparar relatórios de auditoria.

Estratégias e medidas para prevenir e detectar ameaças cibernéticas

Estratégias e planos de segurança cibernética são vitais para proteger a indústria no cenário digital atual. Nesse sentido, os países selecionados desenvolveram estratégias para enfrentar os desafios ligados às ameaças cibernéticas em nível nacional. No entanto, o setor de energia merece atenção especial devido ao seu papel fundamental na sociedade e sua exposição a riscos cibernéticos crescentes. Dos países analisados, apenas os EUA têm um plano específico para proteger o setor de energia.

Estratégia de segurança cibernética			
 	A Agência Nacional de Cibersegurança italiana implementou o Piano di implementazione della Strategia di Cybersicurezza Nazionale 2022-2026 de natureza transversal em que a estratégia italiana de cibersegurança é apresentada com o objetivo de planejar, coordenar e implementar medidas que tornem o país seguro e resiliente no domínio digital.		
 	O Plano Nacional de Cibersegurança , aprovado em março de 2022, é uma iniciativa do Governo da Espanha para proteger o ciberespaço como uma área vital para salvaguardar os direitos e liberdades dos cidadãos. Prevê inúmeras ações e um investimento superior a 1000 milhões de euros, visando implementar medidas específicas de cibersegurança nos próximos três anos.		
 	O Conselho de Ministros português aprovou a Estratégia Nacional para a Segurança do Ciberespaço em 2019 . O objetivo desta estratégia é reforçar a capacidade nacional em cibersegurança e estabelece seis eixos de intervenção, que incluem a estrutura de segurança do ciberespaço, prevenção, educação, proteção de infraestruturas, resposta a ameaças e cooperação nacional e internacional.		
 	O Reino Unido tem uma estratégia de cibersegurança: Government Cyber Security Strategy 2022-2030 . O objetivo do governo está focado na gestão de vulnerabilidades conhecidas e métodos de ataque. Nele, é proposta a adoção de boas práticas de cibersegurança, garantindo que a organização pública esteja preparada para a gestão de ameaças cibernéticas, melhorando a resiliência das organizações do país.		
 	O Departamento de Energia dos EUA lançou o plano Clean Energy Cybersecurity Accelerator™ (CECA) , que impulsiona a inovação cibernética para defender as tecnologias modernas de energia renovável contra riscos de segurança cibernética de alta prioridade para o setor de energia.		
 	O Gabinete Nacional de Segurança da República da Coreia possui a National Cybersecurity Strategy que visa reforçar a segurança e a resiliência da infraestrutura do Estado contra as ciberameaças e responder eficazmente aos ciberataques, promovendo simultaneamente um ecossistema competitivo em cibersegurança, equilibrando a proteção do ciberespaço com os direitos individuais no quadro do Estado de direito e da cooperação internacional.		
	Planos/Estratégias Específicas de Cibersegurança para o setor energético		Planos/Estratégias Gerais de Segurança Cibernética

Tabela 3. Estratégias de cibersegurança nos países analisados. Fonte: Elaboração própria, com base em dados obtidos da Agenzia per la Cybersicurezza Nazionale, Departamento Nacional de Seguridad, la Presidência do Conselho de Ministros, Cabinet Office UK Government, U.S. Department of Energy e South Korean Ministry of Science and ICT.

Portanto, a cibersegurança aplicada ao setor energético é uma área com potencial de desenvolvimento nos países identificados e que, sem dúvida, precisa ser fortalecida para enfrentar os desafios derivados do avanço tecnológico na rede.

Medidas positivas de interesse identificadas em outras regiões

Para abordar a segurança e a resiliência do sistema energético, foram identificadas várias ações estratégicas. Primeiro, **promove o desenvolvimento de diretrizes e recomendações que estabelecem diretrizes para garantir a resiliência e a integridade do sistema energético diante de desastres naturais**. Além disso, é destacada a importância de investir na **modernização e digitalização da infraestrutura energética, o que contribui para melhorar a capacidade de resposta e adaptação do setor a situações críticas**.

Um passo fundamental para a proteção do sistema é investir **no desenvolvimento de sistemas de virtualização**, antecipando cenários e riscos por meio de tecnologias disruptivas. Isso é complementado por uma **abordagem preventiva à segurança cibernética, que inclui a modernização da arquitetura da rede de comunicações e a promoção de padrões internacionais para garantir a segurança dos sistemas**. Por último, **destaca-se a colaboração público-privada na criação de guias específicos de cibersegurança no ambiente do setor energético, uma abordagem que reforça ainda mais a segurança das infraestruturas críticas neste setor**.



Impacto na cadeia de valor ▶

A **transformação digital do setor energético**, para enfrentar os ambiciosos objetivos de descarbonização definidos no setor, tem impacto **na sua cadeia de valor**. Anteriormente, foi refletido como cada pilar da transformação requer a implantação de diferentes tecnologias digitais e disruptivas para viabilizar novas funcionalidades. Estes, para seu adequado desenvolvimento e implementação, dependem da existência de uma sólida cadeia de valor para a fabricação de bens de capital e ferramentas digitais.

Espera-se também que a digitalização do setor energético mobilize um volume considerável de investimento, que os diferentes atores na cadeia de valor podem aproveitar para atrair investimento. Nesse sentido, considera-se que **a necessidade de contar com essas tecnologias disruptivas, aliada à necessidade de promover a descarbonização dos sistemas**, representa uma **oportunidade para a implantação da indústria na região**. Da mesma forma, dada a situação atual das cadeias de suprimentos, o desenvolvimento de indústrias de proximidade especializadas em bens de equipamentos digitais também pode contribuir para a agilidade nas implantações tecnológicas e, portanto, para garantir maior segurança do fornecimento.

Implantação de estratégias de reindustrialização aplicadas à transformação digital do setor energético

Nos últimos tempos, como resultado da pandemia de COVID-19 e da subsequente invasão da Ucrânia pela Rússia, muitos países foram afetados por uma crise na cadeia de suprimentos. Essa situação evidenciou a necessidade de fortalecer a indústria local e as cadeias de valor em setores estratégicos, como o de energia.

Nesse contexto, os países analisados desenvolveram estratégias para reindustrializar e reduzir sua dependência externa.

Através dos Projetos Estratégicos de Recuperação e Transformação Económica, **Espanha e Itália** promovem medidas para a implantação de uma indústria local sólida que lhe permita reduzir a dependência de países terceiros.

Por outro lado, a transformação digital do setor energético pode resultar na **transformação das próprias cadeias de valor**, afetando, de uma forma ou de outra, todas as fases do processo produtivo. A inclusão de tecnologias digitais em toda a cadeia de valor pode gerar benefícios relacionados, entre outros, à gestão do fornecimento de matérias-primas necessárias à produção de bens de capital, ao aumento da qualidade e à redução de tempos no próprio processo produtivo e à implementação de canais de colaboração efetiva entre os agentes relevantes da cadeia de valor.

Portanto, o desenvolvimento de indústrias locais especializadas em bens de equipamentos digitais pode contribuir para a agilidade nas implantações tecnológicas e, portanto, garantir maior segurança do fornecimento de energia. Por sua vez, a implantação local de cadeias de valor para a fabricação de bens de capital e outras tecnologias estratégicas dentro do setor de energia exigirá o desenvolvimento **de capacidades digitais aplicadas à produção** e levará à **criação de emprego qualificado e de qualidade** na região.

Medidas positivas de interesse identificadas em outras regiões

Para reforçar a participação dos atores locais e regionais na cadeia de valor, foram identificadas várias estratégias-chave. Em primeiro lugar, **promoção da criação e promoção de hubs ou clusters industriais próximos do elo industrial** da cadeia de valor e da demanda, o que facilita a colaboração e as sinergias entre as empresas locais. Além disso, defende o **desenvolvimento de políticas industriais que incentivem a promoção e dinamização industrial**.

Para garantir a participação de entidades regionais e locais, **busca estabelecer alianças estratégicas com empresas estrangeiras especializadas, que contribuam para o desenvolvimento de uma cadeia de valor mais integrada. A pesquisa e a capacitação desempenham um papel crucial nesse processo**, com avanços nessas áreas ligados ao desenvolvimento da digitalização no setor solar. Por último, a cadeia de valor local é impulsionada para estimular a criação de emprego nas áreas locais e regionais, especialmente em áreas com desafios demográficos, fomentando assim o investimento e o crescimento económico nessas áreas.



04

A visão dos agentes da região sobre o processo de transformação digital



No contexto da **transformação digital do setor energético**, a região da ALC apresenta um grau heterogêneo de progresso, **motivado, entre outros fatores, pelas diferenças** entre os países, no que diz respeito ao seu **desenvolvimento** econômico. Em geral, um nível econômico mais elevado de um país pode traduzir-se numa mudança de prioridades a nível setorial que afeta a capacidade de investir em inovação. No entanto, as prioridades e preocupações comuns identificadas pelos principais intervenientes no setor da energia são:



América Latina e Caribe

Prioridades

- Energias renováveis
- Eficiência energética
- Impulso da demanda
- Planejamento urbano
- Acesso a energia de qualidade

Preocupações

- Crescimento econômico
- Preços dos produtos
- Gestão das mudanças climáticas
- Promoção de investimentos
- Estrutura de mercado

Figura 9. Prioridades e preocupações da América Latina e do Caribe dos líderes do setor de energia na região. Fonte: Elaboração própria, adaptado do relatório “World Energy Issues Monitor 2022” (World Energy Council, 2022)



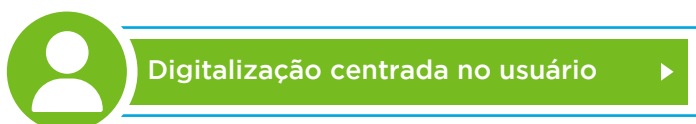
Estas prioridades do setor energético na região estão estreitamente ligadas aos objetivos de desenvolvimento das **energias renováveis e acesso à energia de qualidade, mas também a outros, como o aumento da eficiência energética ou a impulso da demanda de energia, que se espera venha a aumentar à medida que novos modelos de negócio são desenvolvidos no setor.**

Neste contexto, e tal como tem sido desenvolvido anteriormente, a **implantação de tecnologias disruptivas e emergentes** permite-nos dar resposta a estas prioridades, garantindo a disponibilidade de energia para responder à procura de todos os consumidores, assegurando o acesso e o fornecimento energético básico, de qualidade e contínuo a toda a população considerando, numa mesma dimensão, os desafios ambientais como um dos principais desafios enfrentados pelos países da América Latina e Caribe. No entanto, a sua efetiva implementação nos sistemas energéticos está condicionada por uma série de fatores como: **gastos em I+D**, o que favorece a inovação no setor e a sua transformação digital, ter **capital humano com competências digitais** para conseguir uma efetiva integração destas tecnologias e a utilização de todo o seu potencial, garantir a existência de um **quadro regulatório de incentivos** ao investimento e desenvolvimento de soluções digitais e, por fim, incentivos suficientes para **impulsionar o investimento privado**.

Assim, e a fim de avaliar o estado atual da região, em termos do seu grau de progresso no processo de transformação digital, foi feita uma seleção de países de especial interesse nos quatro pilares básicos: (i) digitalização centrada no usuário, (ii) flexibilidade do sistema para integrar energias renováveis, (iii) a resiliência dos sistemas energéticos e (iv) o impacto na cadeia de valor. Especificamente, os países selecionados são os seguintes:



Figura 10. Países selecionados para avaliar o estado atual da transformação digital na região da ALC. Fonte: Elaboração própria.



A transformação digital inclui o desenvolvimento de novos modelos de negócios e ferramentas digitais de gestão de dados do consumidor, que colocam o usuário no centro, para que ele deixe de ser um mero consumidor para se tornar, potencialmente, um participante ativo nos mercados de energia.

Um primeiro passo na análise da implantação de tecnologias digitais em redes de energia é identificar o **grau de eletrificação do setor energético**. Isto deve-se principalmente a três razões: em primeiro lugar, resulta que, num país com um baixo grau de acesso físico à eletricidade, o investimento na digitalização não é considerado uma prioridade; em segundo lugar, a eletrificação dos usos energéticos é vista como um vetor para a descarbonização dos sistemas energéticos; por fim, as tecnologias digitais implantadas buscam impactar positivamente os consumidores, o que só pode ser garantido por um fornecimento de energia resiliente, contínuo e estável.

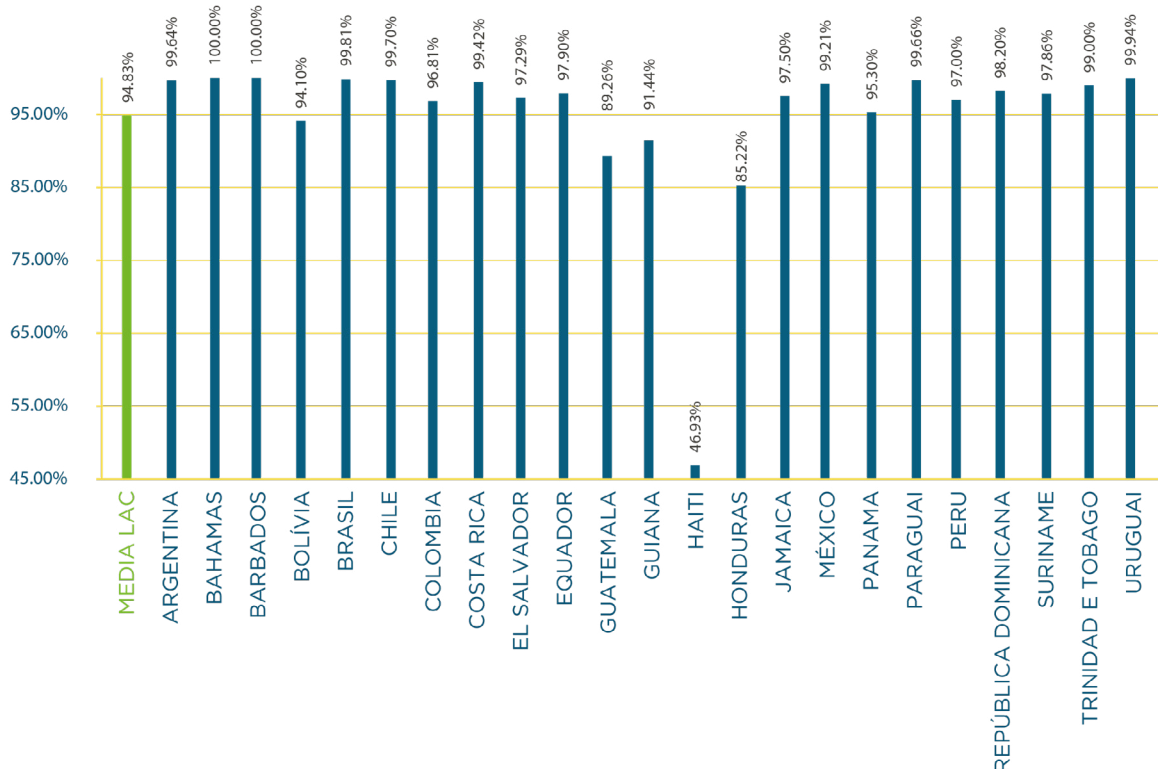


Figura 11. Taxa de eletrificação por país. Fonte: Elaboração própria, com base em dados do Relatório “Panorama Energético da América Latina e Caribe 2022” (OLADE, *sieLAC*, 2022).

No entanto, o pilar básico para o início da implantação digital no setor de energia na região é a **incorporação de medidores inteligentes**, que se posiciona como ponto de partida da transformação tecnológica setorial (ADELAT, 2022). Atualmente, a região encontra-se em um processo de integração de medidores inteligentes que é globalmente incipiente, conforme refletido no gráfico a seguir:



Figura 12. Intervalos de penetração de medidores inteligentes nos diferentes países da região. Fonte: Elaboração própria, com base em dados do relatório “Medição inteligente na América Latina e Caribe” (Banco Interamericano de Desarrollo, 2023).

De modo geral, e de acordo com o relatório sobre “Medição inteligente na América Latina e Caribe”, um maior percentual de implantação de medidores inteligentes estaria relacionado à existência de estratégias nacionais e objetivos específicos. A coleta de dados por meio de medidores inteligentes também favorece o desenvolvimento de outros modelos de negócios centrados no usuário, como (i) **geração distribuída e autoconsumo**, (ii) **integração de veículo elétrico** ou (iii) **desenvolvimento de comunidades locais de energia**, entre outros.

No que diz respeito à **geração distribuída**, destacou-se recentemente a necessidade da região **diversificar as suas fontes** de geração renovável, tradicionais e majoritariamente ligadas à disponibilidade de recursos hídricos (em 2021 foi a fonte energética com maior capacidade instalada de geração de eletricidade na região – 41,45% do total – e também a fonte com maior percentagem de geração de eletricidade – 42,8% do total-), **contando com recursos renováveis existentes**. Assim, a geração descentralizada por meio do autoconsumo ou da promoção de comunidades de energia ajudará a região a cumprir seus objetivos climáticos e reduzir a pobreza energética em todo o seu território.

Nessa linha, e com o objetivo de alcançar uma maior implantação da geração renovável nos próximos anos, a **Estratégia para uma América Latina e Caribe mais renováveis** coloca no centro a prioridade da introdução de outras fontes de energia renováveis – especialmente eólica, solar fotovoltaica, biomassa e geotérmica – aproveitando os recursos naturais existentes e diversificando a origem renovável da energia. Da mesma forma, aposta na geração distribuída como vetor para acelerar a transição energética e, por sua vez, possibilitar o acesso à rede elétrica a todos os usuários que, até então, não a tinham (Organización Latinoamericana de la Energía, 2023).

Outro dos usos elétricos que coloca o usuário no centro é a **implantação do veículo elétrico** e de toda a infraestrutura elétrica que o envolve. Os países da região em que mais veículos elétricos e híbridos plug-in foram comercializados nos últimos anos são México, Colômbia e Brasil. No entanto, o valor total na região é claramente inferior ao de outras regiões, como a Europa, a China ou os Estados Unidos.



Apesar disso, a região tem a oportunidade de desenvolver cadeias de valor de veículos elétricos graças à disponibilidade de recursos de lítio para baterias, em países como Argentina, Bolívia e Chile, e à indústria automotiva presente no México e no Brasil, entre outros. Isso criaria oportunidades para gerar valor adicional no setor de manufatura, por exemplo, baterias (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

Outros países, como a Jamaica e as Bahamas, que também estão a desenvolver estratégias de mobilidade, verão as suas implantações potenciadas se conseguirem ligá-las a outros desenvolvimentos tecnológicos digitais.

iii. Por fim, uma solução que poderia combinar infraestrutura de autoconsumo e carregamento de veículos elétricos, entre outros modelos de negócio, é a **implantação de comunidades de energia ou cooperativas** de energia, que ganham cada vez mais peso nos países da região, uma vez que, por meio de apoio público e acesso a financiamento, é considerada uma alternativa de acesso à energia para famílias de baixa renda. Do mesmo modo, o conceito de Comunidade da Energia implica a coexistência de novos serviços energéticos integrados através de tecnologias digitais que permitam a gestão dos fluxos energéticos. Os países da região que implementaram iniciativas comunitárias de energia são: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia e Uruguai.




País	Primeiras iniciativas	Programas e projetos para a implementação de comunidades de energia
 ARGENTINA	2016	Projeto de Energia Renovável (PRIER) Potencial para a implementação de comunidades de energia sustentável na província de Córdoba, Argentina
 BRASIL	2015	Projeto RevuSolar
 CHILE	2015	Programa Comuna de Energia
 COLÔMBIA	2019	Iniciativa de Energia Transativa na Colômbia
 URUGUAI	2017	Programa Comunas de Energia

Figura 13. Países pioneiros no desenvolvimento de iniciativas para a implantação de comunidades energéticas. Fonte: Elaboração própria com base em informações nacionais e setoriais.

Esses países são pioneiros no desenvolvimento de iniciativas para a implantação de comunidades de energia na região. No entanto, vale destacar o caso da Colômbia, por meio de modelos como a venda de energia Peer-to-peer.

Todo esse processo **de introdução de novas formas de geração e novos modelos de negócios** no setor de energia, como os exemplificados no capítulo, requer a **implantação de tecnologias habilitadoras para a digitalização, que favoreçam sua integração eficiente**. Os países da região considerados mais atualizados em termos de implantação de tecnologias como Internet of things, Cloud computing, 5G ou fibra óptica são, entre outros: Brasil, Chile e Uruguai.

- O marco de maior destaque no panorama tecnológico uruguaio é o lançamento da primeira rede 5G da América Latina. Além disso, é o maior exportador de software per capita da América Latina, dado seu desenvolvimento inicial em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) (Uruguay Presidencia, 2019)
- No caso do Brasil, cabe destacar que, em 2020, o mercado de TIC cresceu 12,2% – diferente da média mundial, que caiu 0,3% – e em 2021, o crescimento foi de 7% – no mundo o crescimento foi de 5,4% -, considerando os softwares, serviços de TI, telecomunicações e hardware (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Softex, 2022).
- Por fim, o Chile tem uma visão de futuro que inclui a melhoria da infraestrutura de dados, por meio da implementação da tecnologia 5G, que é compatível com um aumento previsível da capacidade de armazenamento e da capacidade de processamento de dados contratada. Para isso, também está contemplado o uso da Cloud computing, a fim de integrar, para posterior análise, os dados de todos os prédios que fazem parte de um mesmo bairro (Comisión de Transportes y Telecomunicaciones del Senado de Chile, 2023).

Oportunidades para a Região em termos de digitalização centrada no usuário

A região apresenta grandes oportunidades para o desenvolvimento de uma digitalização centrada no usuário com base em uma ampla implantação de tecnologias digitais disruptivas e emergentes no setor de energia.



Possibilitar o acesso à energia da população da ALC por meio da eletrificação e do desenvolvimento de redes elétricas em territórios que atualmente não têm acesso a serviços de energia.



Capacitar os consumidores, permitindo-lhes participar mais ativamente na gestão do seu consumo de energia e, por sua vez, habilitando a possibilidade de implantar o autoconsumo descentralizado.



Promover novos serviços demandados pelos usuários, como o veículo elétrico ou comunidades de energia, e facilitar o acesso à informação sobre seu consumo por meio de dispositivos tecnológicos.



Reduzir a pobreza energética, não só garantindo o acesso físico à eletricidade, mas também a sua acessibilidade em termos de custos e a qualidade do fornecimento.



A transição energética está cada vez mais presente na América Latina e no Caribe, uma vez que um grande número de países da região está incorporando essas prioridades em sua política energética, a fim de alcançar sistemas energéticos resilientes e sustentáveis. Nesse sentido, **é de vital importância a aposta na geração renovável, diversificada em termos de tecnologias e descentralizada em todo o território.**

Embora, atualmente, seja uma das regiões do mundo com maior capacidade e produção de energia renovável, isso está fundamentalmente ligado à presença de tecnologias de geração hidrelétrica. No entanto, os **países da América Latina e do Caribe apresentam diferenças muito significativas no que diz respeito à incorporação de nova capacidade de geração renovável.** Isso se deve principalmente a diferenças históricas, tanto nos campos energéticos como, em muitos casos, nos campos econômico, político e até institucional; mas a principal razão é se o país é ou foi importador ou produtor de hidrocarbonetos (OLADE, 2023).

Capacidade Instalada (MW) da ALC

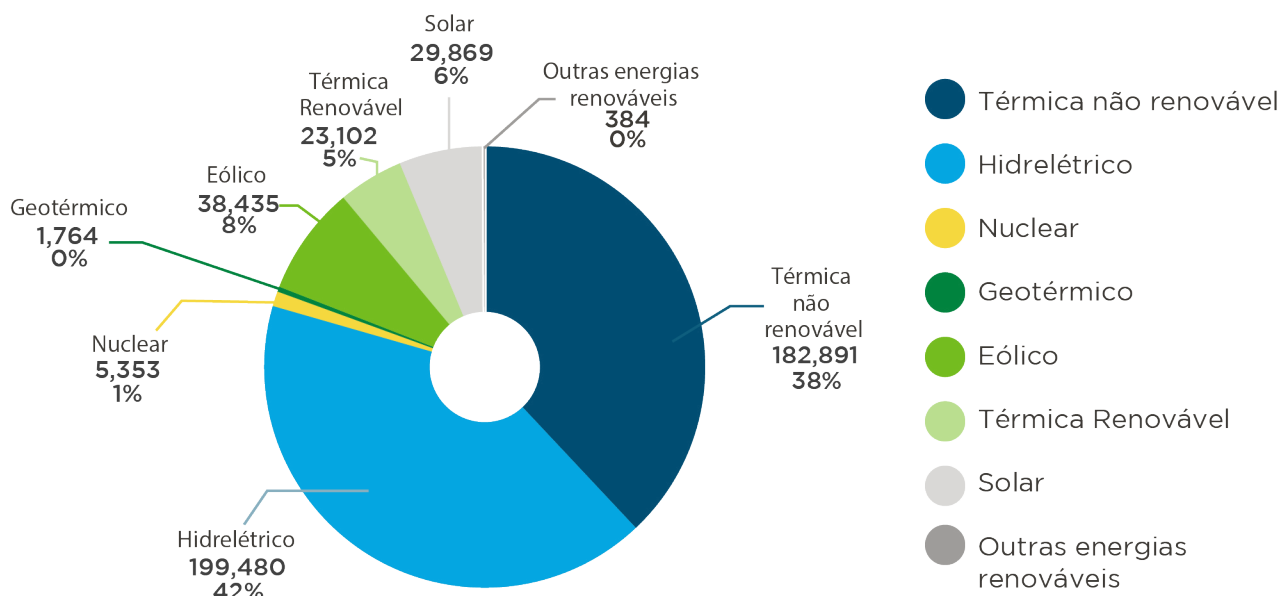


Figura 14. Capacidade instalada na região (2021). Fonte: Elaboração própria com base em dados do Relatório de Perspectivas Energéticas para a América Latina e Caribe 2022 (OLADE, sieLAC, 2022).

Tudo isso está ligado à disponibilidade na região de um dos maiores recursos eólicos e solares do mundo, que, embora atualmente subexplorado, poderia favorecer o alcance de uma matriz de geração cada vez mais renovável. Como exemplo, áreas como a região chilena do Atacama apresentam os níveis de luz solar mais intensos do planeta, assumindo, portanto, áreas de interesse para o desenvolvimento de projetos renováveis. Da mesma forma, outros países, como a Guiana, tradicionalmente ligados à produção de petróleo e gás, estabeleceram metas ambiciosas de gerar 100% de sua eletricidade a partir de fontes renováveis até 2025, graças ao fato de terem abundantes recursos solares, eólicos e hidrelétricos (American Meteorological Society, 2023) (CARILEC, 2023).

Assim, a região busca a diversificação progressiva de suas fontes de geração, a atração de novos investimentos nessa área e a consequente redução de custos. Embora esta diversificação tenha velocidades diferentes, com base no atual nível inicial da capacidade renovável que cada país tem na região (ver números seguintes, informação relativa ao ano de 2021).

► **Capacidade instalada na região - Países com maior implantação renovável (GW)**

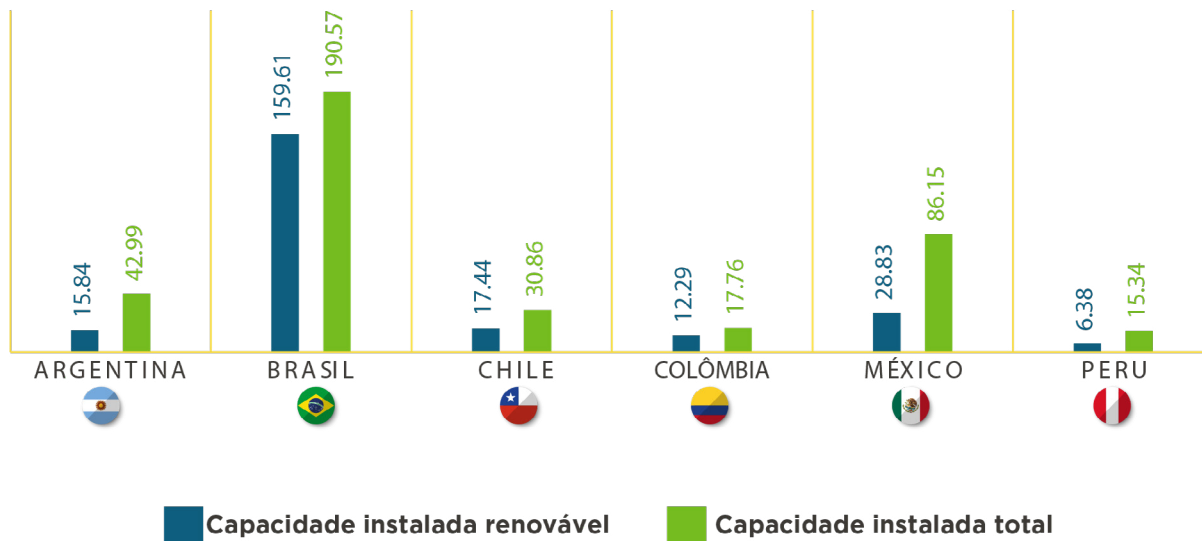


Figura 15. Capacidade instalada de geração de energia elétrica na região - Países com maior implantação renovável (GW) (Hub de energia, 2021)

► **Capacidade instalada na região - Países com implantação renovável (GW) mais moderada**

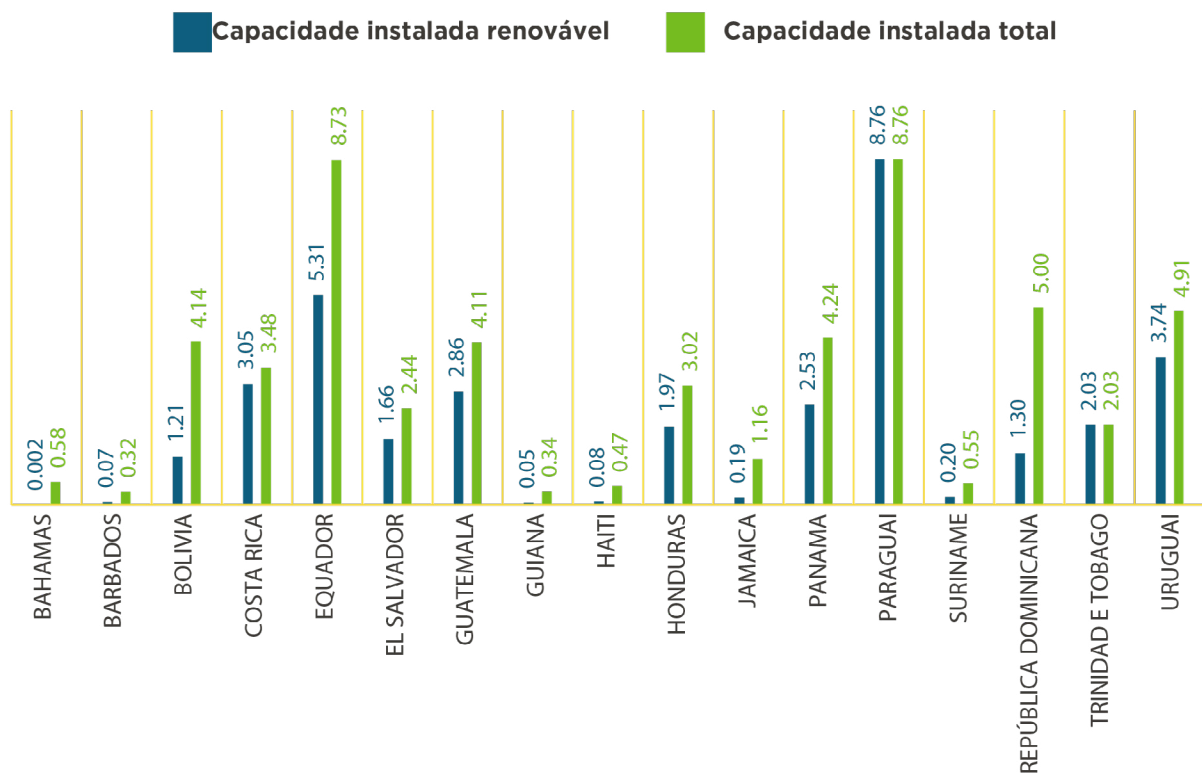


Figura 16. Capacidade instalada de geração de eletricidade na região - Países com implantação renovável mais moderada (GW) (Energy Hub, 2021) (Macro Data, 2021)

O desenvolvimento de tecnologias de geração descentralizada pode significar avanços importantes no acesso à energia a centros populacionais que ainda não a possuem. De acordo com uma publicação do BID, apesar do grande progresso que a região fez, 18,5 milhões de pessoas não têm acesso à eletricidade - 4,5 milhões de casas sem fornecimento de eletricidade - especialmente nas áreas rurais. E, portanto, seriam necessários aproximadamente 25 bilhões de dólares para alcançar o acesso universal em 2030 na região (Hub de Energía, 2022) (Banco Interamericano de Desarrollo, 2022).

Considera-se que a transformação digital pode representar oportunidades para avançar na integração das renováveis no sistema energético da ALC e reduzir essa parcela da população sem fornecimento de energia elétrica e que, da mesma forma, pode servir para modernizar a geração hidrelétrica, que tem alta presença na região, de modo a dar maior margem à integração de outras fontes renováveis.

Recomendações para flexibilizar o sistema energético da região



Investimento em tecnologias de geração intrinsecamente flexíveis e descentralizadas.



Modernização das redes de energia, através da incorporação de tecnologias de automação e sensorização, que limitam congestionamentos e interrupções.



Investimento em centros de controle que incorporem tecnologias disruptivas e que garantam a continuidade do fornecimento de energia.



Incorporação de sistemas de armazenamento de energia através de baterias, aproveitando os recursos minerais endógenos da região, e o aproveitamento da capacidade hidrelétrica da região para armazenamento em larga escala.



Políticas públicas energéticas que alinhem os objetivos da transição ecológica (incorporação de renováveis) com a transformação digital.



Modernização das regras dos mercados da energia, bem como criação de mercados internos da energia na Região.



Viabilizar a transformação digital por meio da incorporação progressiva de tecnologias emergentes de comunicação (fibra óptica, 5G, etc.).



Promoção da integração regional através do desenvolvimento de soluções comuns que permitam um maior grau de conectividade e flexibilidade do sistema.



Resiliência dos sistemas energéticos ▶

Como mencionado nos capítulos anteriores, a **resiliência** energética visa desenvolver sistemas energéticos robustos, **preservando a integridade física dos ativos face a desastres naturais**, frequentes em algumas áreas da região, e **salvaguardando a conectividade e os sistemas de comunicação contra potenciais ataques cibernéticos**, cada vez mais frequente em um contexto de digitalização dos sistemas econômicos globais.

Globalmente, desastres naturais extremos – terremotos, furacões, tsunamis, erupções vulcânicas, tornados e inundações – deslocam milhões de pessoas, empurram muitas para a pobreza e ceifam a vida de milhares. Da mesma forma, costumam desencadear uma cadeia de consequências adversas que comprometem a integridade e a funcionalidade das instalações energéticas, comprometendo o acesso a serviços básicos, como eletricidade ou comunicação. Tudo isso tem um impacto na economia de aproximadamente 520 bilhões de dólares anuais (TelefónicaTech, 2019).

Por outro lado, em 2021, os custos dos ataques cibernéticos já somaram 6.000 bilhões de dólares para as organizações no mundo, o que representa um volume econômico muito relevante. Grande parte dos ciberataques visa setores críticos, como a banca ou o setor energético (IEBS Business School, 2021).

Exemplos de como a implantação de tecnologias de digitalização no setor de energia facilitou a prevenção de ataques cibernéticos ou a minimização de danos após um desastre natural, entre outros, são ilustrados abaixo.

Estado da arte da região da ALC no campo da resiliência

Os países da região, devido à sua localização geográfica, são especialmente vulneráveis a certos fenômenos climáticos, especialmente aqueles localizados na região do Caribe. Isso representa uma séria ameaça aos ativos físicos que são parte integrante do sistema energético.

Além disso, como pode ser visto no Relatório sobre o Estado do Clima na América Latina e no Caribe 2022, é evidente o aumento da exposição a desastres naturais derivados do aumento do nível do mar, secas ou incêndios florestais, entre outros. Especificamente, especifica como causas do aumento desta exposição: (Organización Meteorológica Mundial, 2023)

- **O aumento do nível do mar** a uma taxa mais elevada no Atlântico Sul e no Atlântico Norte subtropical, em comparação com a média global, colocando em perigo as áreas costeiras interiores e vários países da região.
- **Tempestades tropicais**, que causaram danos significativos, causando grandes perdas econômicas e deslizamentos de terra causados por chuvas extremas, causando centenas de mortes na região.
- **Temperaturas extremamente altas e condições de seca**, juntamente com a baixa umidade do ar, levaram a temporadas de incêndios florestais sem precedentes em países da região.

Para dar uma resposta ágil a estes desastres e minimizar o impacto que possam ter na continuidade do fornecimento de energia, é aconselhável estabelecer guias e orientações que garantam o alinhamento das ações de todos os agentes envolvidos na cadeia de valor, juntamente com planos de contingência específicos para a substituição do serviço em infraestruturas críticas.

Nesse sentido, Chile, México, Guatemala e Colômbia desenvolveram estratégias e políticas nacionais que visam estabelecer as diretrizes acima mencionadas e minimizar riscos diante de desastres naturais, entre outros.



Chile

Política Nacional de Redução de Riscos de Desastres

Esta política, dentro do Plano Estratégico Nacional 2020-2030 do Governo do Chile, tem cinco ações estratégicas para reduzir o risco de desastres:

1. Entendendo o risco de desastres
2. Fortalecimento da Governança do Risco de Desastres
3. Planejamento e Investimento em Redução de Riscos de Desastres para Resiliência
4. Fornecer uma resposta eficiente e eficaz
5. Promover uma recuperação sustentável

A abordagem contida nessas ações é benéfica para a segurança e resiliência do país frente a possíveis eventos adversos (Ministerio del Interior y Seguridad Pública Gobierno de Chile, 2020).



México

Estratégia CFE para a temporada de furacões

Em março de 2023, a Comissão Federal de Eletricidade (CFE) do país mexicano, apresentou uma estratégia que envolve mais de 17 mil trabalhadores em seu Encontro Nacional de Furacões.

Para enfrentar a temporada de furacões de 2023, o foco principal é enfrentar emergências causadas por fenômenos climáticos e garantir a recuperação do fornecimento de eletricidade para seus 47 milhões de clientes (Comisión Federal de Electricidad, 2023).



Guatemala

Plano Nacional de Resposta

A Coordenadoria Nacional para a Redução de Desastres Naturais ou Provocados (CONRED) inclui em seu plano o objetivo de coordenar ações entre órgãos governamentais, entidades públicas e privadas e organizações na Guatemala para uma resposta eficaz a desastres naturais, tecnológicos ou de saúde. Busca salvar vidas, proteger o patrimônio e reduzir o impacto na população. Também reduz a duplicação de esforços, estabelece mecanismos de coordenação e padroniza protocolos para a gestão integral de emergências e desastres, além de fortalecer a gestão da informação em todo o país (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres Naturales o Provocados, 2022).



Colômbia

Plano Nacional de Gestão de Riscos de Desastres

A Unidade Nacional de Gestão de Riscos de Desastres (UNGRD) atualizou em 2022 o plano que visa: (i) melhorar a compreensão do risco de desastres no país, (ii) prevenir a criação de novas condições de risco no desenvolvimento territorial, (iii) reduzir as condições de risco existentes, (iv) garantir uma resposta eficiente aos desastres, e (v) fortalecer a governança, a educação e a comunicação social na gestão de riscos, considerando abordagens diferenciais, de gênero e culturais (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2022).

Recomendações para alcançar um sistema energético mais resiliente face a catástrofes naturais e ciberataques na região



Estabelecimento de guias e diretrizes específicas para o setor energético que garantam o alinhamento das ações de todos os agentes envolvidos na cadeia de valor, juntamente com planos de contingência para substituição de serviço em infraestruturas críticas.



Investimento para a integração de tecnologias de digitalização em sistemas energéticos, que permitam prevenir, detetar e reduzir impactos, bem como facilitar a recuperação após um desastre climático.



Desenvolvimento de planos e estratégias de cibersegurança ao nível do setor, referindo-se a medidas específicas que permitam a capacidade de resposta ágil contra ciberataques, a salvaguarda de infraestruturas críticas, a gestão e proteção de ativos e dados, entre outras.



Promoção da colaboração público-privada para alcançar a implantação efetiva de soluções de cibersegurança, que minimizem os riscos associados à integração da digitalização no setor energético.



Impacto na cadeia de valor ▶

A cadeia de valor do setor de energia abrange desde a obtenção de matérias-primas para a fabricação de componentes elétricos até a geração, distribuição, comercialização e prestação de serviços energéticos de energia.

Assim, a transformação digital pode levar ao surgimento de novos modelos de negócio, ligados, por exemplo, a cadeias produtivas de desenvolvimentos tecnológicos inovadores, que permitem que o investimento feito por outras áreas da cadeia de valor, como as empresas de energia, recaia sobre a promoção de uma indústria especializada em tecnologias de ponta.

Nesse sentido, a região apresenta uma série de desafios e oportunidades para impulsionar a cadeia de valor setorial. A necessidade de mercados integrados, que unifiquem as políticas comerciais e promovam acordos de livre comércio, ou a promoção da deslocalização da indústria são fundamentais para garantir um reforço e melhoria da resiliência da cadeia de valor.

Oportunidades para a região derivadas da transformação digital

A região, cujo tecido produtivo e cadeia de valor têm uma elevada dependência dos mercados externos, tem a oportunidade de trabalhar em sua integração e fortalecimento como região industrializada. Note-se que as principais causas que deram origem à existência de um tecido produtivo e cadeia de valor subdesenvolvidos foram: (i) a sua grande extensão territorial, (ii) a sua geografia complexa, (iii) a infraestrutura de transportes existente, (iv) a fragmentação institucional do seu mercado e, finalmente, (v) a sua especialização como região exportadora de matérias-primas básicas (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2021).

Da mesma forma, um desafio que a região enfrenta é o baixo grau de integração dos seus mercados. Estudos do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) indicaram que, há vários anos, a região

poderia ter recebido mais de 11 bilhões de dólares por ano, simplesmente aumentando a unificação dos acordos de livre comércio ou o tratamento preferencial entre seus países. Isto, embora não esteja apenas ligado ao campo da energia, evidencia a necessidade de integrar os mercados do setor energético na região, de forma a aumentar a eficiência de custos dos sistemas energéticos de cada país e, também, favorecer através do investimento o desenvolvimento do setor de forma mais unificada em todos os países da região (Banco Interamericano de Desarrollo, 2018a).

Por todas essas razões, a região da ALC está em um processo de adaptação não apenas às transformações tecnológicas e à digitalização enquadradas na modernização do setor de energia, mas também para aproveitar as oportunidades para fortalecer a integração industrial, melhorar a produtividade e promover a colaboração regional em vários setores, incluindo energia. Por meio de políticas industriais (para atrair conhecimento e investimentos), acordos e alianças comerciais e estratégias de integração digital, a região busca superar desafios históricos e maximizar o potencial da cadeia de valor em uma economia globalizada e tecnologicamente avançada.

Os países já lançaram diferentes iniciativas implementando soluções focadas na integração da cadeia de valor do setor de energia. Vários países como Brasil, Equador, Honduras, Panamá e Uruguai combinaram políticas de implantação em áreas como energias renováveis com requisitos para incorporar produtos e componentes fabricados localmente, a fim de promover as energias renováveis para criar o máximo valor local (International Renewable Energy Agency, 2016).

Além disso, a região tem uma vantagem competitiva em relação a outras regiões do planeta em termos de disponibilidade de matérias-primas estratégicas para o desenvolvimento de tecnologias ligadas à transição energética, o que a torna uma das regiões com maiores oportunidades no desenvolvimento de uma cadeia de valor regional/local especializada nas etapas primárias da cadeia de valor do setor energético.

Como exemplo, de acordo com os dados mais recentes, a América Latina possui 60% de todos os recursos de lítio identificados no mundo. Estes são encontrados principalmente na Bolívia, Argentina e Chile, às vezes referido como o “triângulo de lítio” (Naciones Unidas, 2022).

Nesse sentido, **além do necessário investimento privado na implantação de centros fabris, é fundamental apoiar esses desenvolvimentos com base em políticas públicas.** Nessa linha, outros blocos geopolíticos, como a União Europeia ou os Estados Unidos da América, têm promovido planos estratégicos que atravessam o setor, para promover a reindustrialização de seus territórios, a fim de reduzir sua dependência energética do exterior e desenvolver cadeias industriais locais para suprir uma parcela significativa das necessidades de tecnologias ligadas à transição energética (na União Europeia, como exemplo, pretende-se satisfazer internamente, pelo menos, 40% das necessidades destas tecnologias). Assim, incentivos fiscais para a localização de investimentos industriais, ou a criação de hubs e clusters industriais que alinhem estratégias de desenvolvimento serão vitais para garantir o sucesso.

Medidas positivas de interesse identificadas em outras regiões



Criação e promoção de polos/clusters industriais próximos ao elo industrial da cadeia de valor e demanda.



Desenvolvimento de políticas industriais que incentivem a participação de entidades locais (semelhante aos requisitos da NextGeneration EU na Europa).



Desenvolvimento de alianças com empresas estrangeiras especializadas que garantam a participação de entidades regionais e locais no desenvolvimento de projetos de energias renováveis que incorporem tecnologias emergentes e disruptivas na digitalização.



Promoção da cadeia de valor integrada através de alianças estratégicas entre fabricantes de soluções de digitalização e empresas de energia.



Avanços na investigação e formação ligados ao desenvolvimento da digitalização em termos de operação e manutenção de infraestruturas energéticas.



Promoção de setores relacionados à energia, como mineração, logística, fabricação de componentes elétricos, etc., favorecendo a criação de emprego qualificado local e investimento regional.

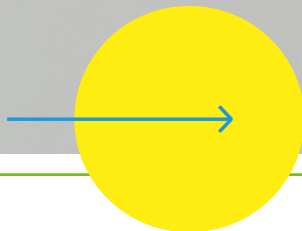


05

A visão dos agentes da
ALC sobre o processo de
transformação digital



O objetivo deste capítulo é apresentar a visão sobre a transformação digital na área da energia, por parte dos agentes públicos e privados que exercem a sua atividade na cadeia de valor do setor energético na região. Para isso, foi efetuada uma análise com base nos resultados de uma pesquisa (ver anexo C para mais informações) realizada com representantes públicos (agentes e instituições) e representantes privados da região. A pesquisa citada foi realizada entre os meses de julho e agosto de 2023, principalmente.

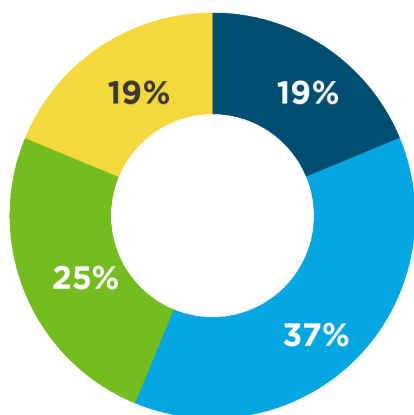


5.1. Grau de progresso da transformação digital na região segundo agentes

Como mencionado nos capítulos anteriores, o grau de progresso na região é certamente heterogêneo, dependendo do país. Aspectos como regulação, investimento setorial, capacidade de desenvolver e implementar soluções tecnológicas, entre outros fatores, têm condicionado o grau de maturidade tecnológica de cada nação.

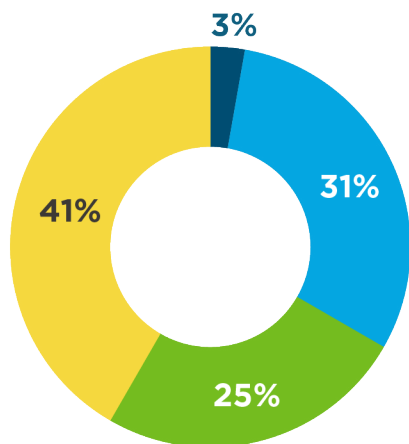
Nesse sentido, o grau de progresso geral da região, em termos de transformação digital do setor, em geral, ainda é limitado. Do total de respostas recebidas, apenas 8% dos agentes consideram que suas organizações têm um alto grau de progresso na transformação digital. Por sua vez, cerca de 40% dos agentes consultados consideram que estão em processos preliminares de conscientização da importância da transformação digital do setor e, por isso, ainda não tomaram nenhuma providência para iniciar o processo ou estão em fase preliminar.

► Estado atual da transformação digital nas entidades consultadas



Setor privado

- Já possui uma adoção avançada
- Estamos no processo de implementação com um plano estabelecido
- Os primeiros pilotos já foram desenvolvidos
- A conscientização está aumentando



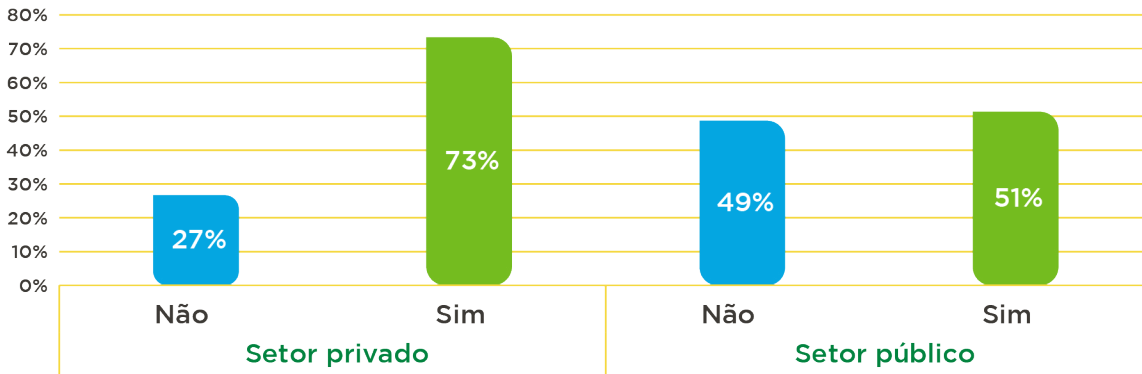
Setor público

- Já possui uma adoção avançada
- Estamos no processo de implementação com um plano estabelecido
- Os primeiros pilotos já foram desenvolvidos
- A conscientização está aumentando

A partir das respostas recebidas, também é possível identificar que o setor público está mais atrasado no processo de adoção de ações para a transformação digital, em relação ao setor privado. De acordo com o que foi analisado, isso se deve principalmente à maior capacidade de investimento dos agentes privados, bem como à necessidade de ser competitivo frente a outras empresas privadas do setor.

Em relação à promoção da transformação digital, como mencionado nos capítulos anteriores, é fundamental ter uma estratégia que marque as ações e diretrizes para empreender com sucesso o processo de transformação digital. Nesse sentido, as diferentes entidades inquiridas foram consultadas se têm uma estratégia de transformação digital, resultando em:

► Existência de estratégias de transformação digital nas entidades consultadas

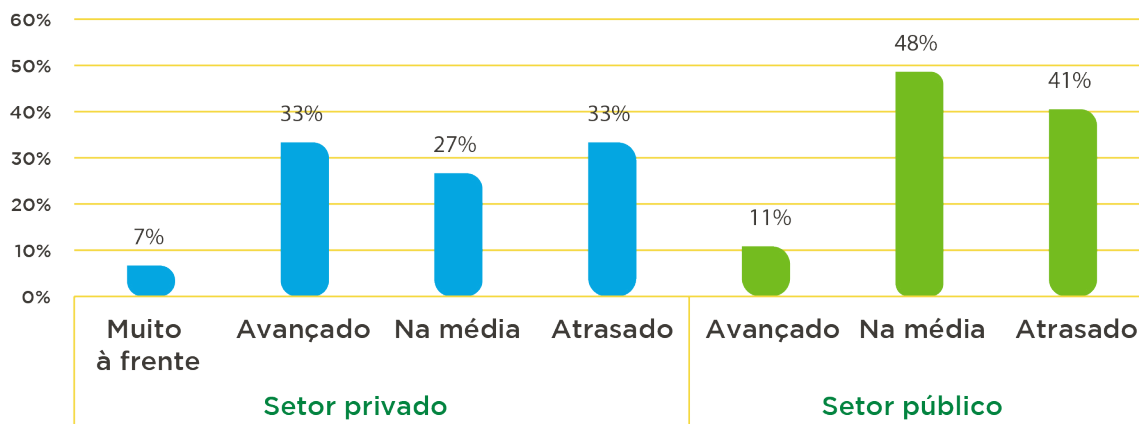


Como se vê, as diferenças entre as entidades que têm uma estratégia de transformação digital e as que não têm, acentuam-se entre o setor privado e o setor público.

Nesse sentido, os resultados mostram como as organizações privadas têm um maior avanço no desenvolvimento de estratégias de transformação digital de suas organizações. A partir disso, pode-se interpretar a necessidade de o setor público da região acelerar, por meio do estabelecimento de roteiros, planos estratégicos e adaptações regulatórias, seu envolvimento no processo de transformação digital. É fundamental que o setor público tome a iniciativa e possibilite um ambiente de incentivo adequado à implantação tecnológica, com garantias legais e que estimule maior investimento privado.

Em relação ao grau de progresso da transformação digital na região, do ponto de vista dos próprios agentes, resultados heterogêneos foram obtidos entre os países:

► Visão do grau de avanço da transformação digital nos países da ALC, em comparação com outros países da região

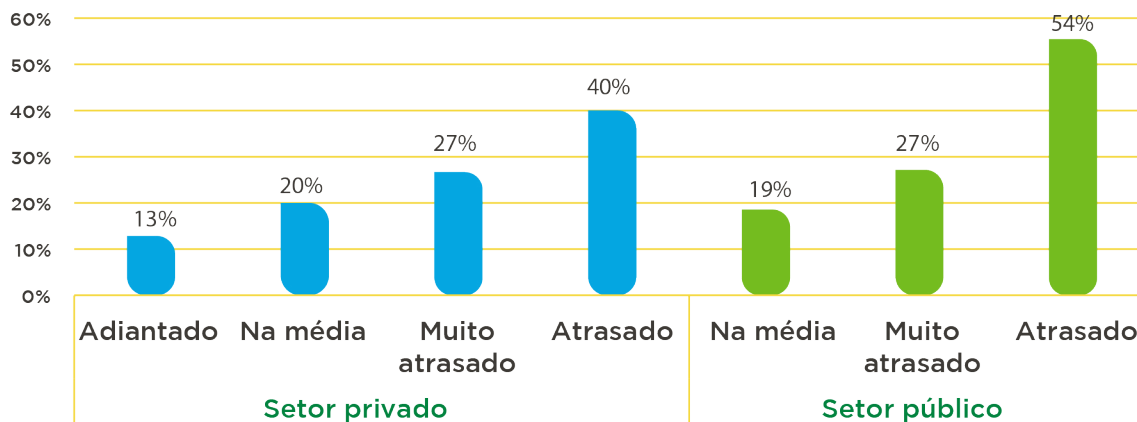


Entre os países consultados, destacam-se agentes do Uruguai, Argentina e Chile com grau de progresso “Muito à frente” ou “Avançado”. A maioria das respostas dadas pelos agentes, nesse sentido, considera um grau relativamente homogêneo de progresso digital na região.

No entanto, vale ressaltar que a visão de certos agentes com grau de maturidade e desenvolvimento de seu setor energético, a priori, superior aos demais países da região, como o México, consideram-se atrasados no processo de transformação digital. Pode ser porque, nesses países com maior grau de maturidade do setor, tradicionalmente há forte investimento estrangeiro no campo do setor de energia e, portanto, a visão sobre as tendências tecnológicas implementadas no setor tem muita influência dos desenvolvimentos tecnológicos externos.

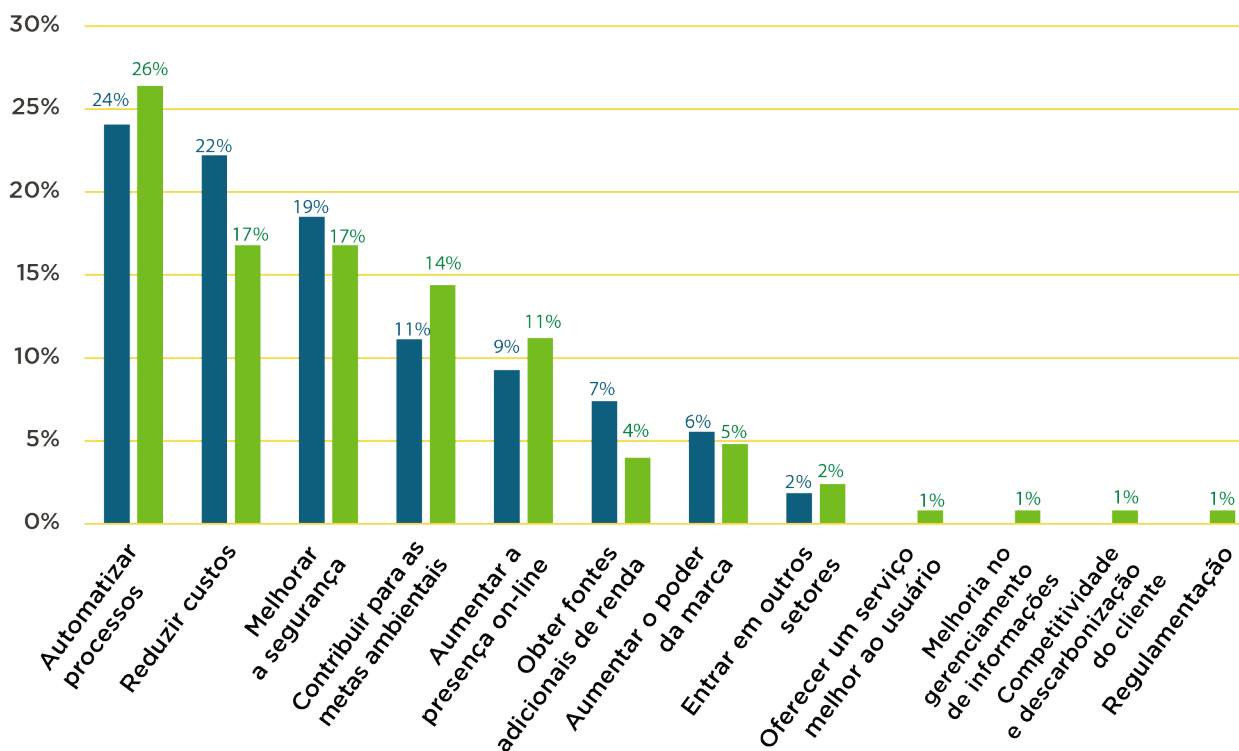
No que diz respeito ao progresso da região em termos de transformação digital, no que diz respeito aos países líderes tomados como referência, as respostas dos agentes mostram um pensamento comum de sentir que o processo de transformação digital na região está a ficar para trás, como se pode ver na figura seguinte, onde mais de 65% dos agentes consultados consideram que a sua organização está “Atrasada” ou “Muito Atrasada”:

► **Visão do grau de progresso da transformação digital na região, em relação aos países líderes na digitalização do setor energético não pertencentes à ALC**



Em relação aos objetivos que motivam o investimento em tecnologias digitais no setor energético, os resultados são muito conclusivos, as organizações focam-se em: “Automatizar processos”, “Melhorar a segurança”, “Reduzir custos”, “Aumentar a presença on-line” e “Contribuir para as metas ambientais”.

► **Objetivos que motivam o investimento em tecnologias digitais no setor energético**



Os resultados de automação de processos, melhoria de segurança e redução de custos estão alinhados com os principais objetivos dos países analisados globalmente. É necessária uma implantação tecnológica que contribua para otimizar a operação da infraestrutura energética, reduzir custos e tornar o setor mais competitivo, sem comprometer a segurança do fornecimento e a integridade do próprio sistema. Cabe destacar que as organizações que desenvolvem ações na área de “Flexibilidade do sistema energético para incorporar renováveis” destacam que a automação de processos é um fator chave para empreender com sucesso a transformação digital.

Por outro lado, vale ressaltar que grande parte dos agentes considera relevante como objetivo do processo de transformação digital, a contribuição que ele tem para os objetivos climáticos. Face à descarbonização do setor, esta visão é fundamental, uma vez que a colaboração entre as entidades reguladoras públicas e o setor privado será essencial para poder avançar na redução das emissões, com a ajuda de uma clara implantação tecnológica e visando também o combate às alterações climáticas.

5.2. Principais reflexões extraídas da visão dos agentes setoriais pesquisados

A análise do grau de transformação digital no setor energético da região da ALC, juntamente com a visão dos agentes pesquisados, levou a uma série de reflexões sobre os principais desafios e oportunidades associados a essa transformação.

- **Não existe uma definição comum (ou única) de transformação digital.**
Em primeiro lugar, foi destacado como **a falta de uma definição comum do que se entende por transformação digital** levou a **resultados heterogêneos sobre o grau de digitalização e**, portanto, à necessidade de desenvolver uma visão compartilhada e estratégias adaptadas às diferentes realidades.
- **As tecnologias digitais na ALC se concentram em melhorar os processos atuais em vez de inovar.**
Além disso, a constatação de que, atualmente, as **tecnologias digitais se concentram na melhoria dos processos existentes** (automação, robotização, redução de custos, etc.) em vez de promover a inovação e o desenvolvimento de novos modelos de negócio, o que significa que ainda há um grande potencial para o desenvolvimento da transformação digital do setor na região.
- **Há uma distribuição assimétrica de custos e benefícios entre os agentes, o que dificulta esse processo.**
Outro aspecto identificado é **a distribuição assimétrica de custos e benefícios entre os agentes**, o que dificulta **o processo de transformação digital no setor energético da região ALC.**

Atualmente, de acordo com a percepção dos entrevistados, cinco **tecnologias são as que monopolizam a maior parte do investimento** nessa transformação: Cloud computing, Cybersecurity, Data analytics/Big Data, Veículo elétrico, Drones e IoT/Sensores/AMI. Estas tecnologias são essenciais **para modernizar e melhorar a eficiência no setor da energia.**

Olhando para o futuro, os agentes **inquiridos preveem investimentos em Smart Grids e Machine Learning nos próximos três anos**, de forma a diversificar os investimentos e abordar novas áreas de inovação. Essas tecnologias devem ser desenvolvidas ao mesmo tempo em que se continua investindo nas anteriores para alcançar uma transformação digital homogênea.

A desigualdade na distribuição de custos e benefícios pode criar desincentivos para a adoção generalizada de tecnologias digitais, limitando o potencial de desenvolvimento de transformação em todo o setor de energia. Para enfrentar essa assimetria, é necessário **fomentar um arcabouço regulatório sólido por meio de políticas e estratégias que incentivem e possibilitem o acesso às tecnologias digitais**, a fim de alcançar uma transformação digital homogênea no setor. Além

disso, a **colaboração entre diferentes atores do setor, incluindo governos, empresas e outras partes interessadas**, é essencial para garantir que a transformação digital seja inclusiva e benéfica para todos na região da ALC.

- **Não há indicadores técnicos homogêneos de transformação ou cultura digital.**

Da mesma forma, nesse processo, revelou-se a **falta de indicadores técnicos homogêneos de digitalização e cultura digital**. Esta falta torna difícil avaliar de forma precisa e objetiva os progressos na adoção de tecnologias digitais e na promoção de uma cultura digital na indústria da energia. Sem métricas uniformes, é difícil para empresas e reguladores medir consistentemente o grau de progresso na digitalização e entender como esse avanço se relaciona com a cultura digital.

- **Os custos de implementação, a regulamentação inadequada e a falta de uma cultura digital são os principais obstáculos à implantação de tecnologias digitais.**

Note-se que os **principais obstáculos** identificados na implantação das tecnologias digitais **estão** frequentemente interligados e partilham raízes comuns. Por um lado, os **altos custos de implementação** dessas tecnologias representam um obstáculo significativo para sua ampla adoção. Além disso, a existência de **uma regulamentação inadequada**, que muitas vezes não é concebida para incentivar ou apoiar a implementação de tecnologias digitais. E, por fim, a falta de uma **cultura digital** que facilite a implementação desse processo de transformação.

- **Há um déficit significativo de conhecimentos e habilidades digitais.**

Além disso, essas barreiras estão **relacionadas ao déficit de conhecimento e habilidades digitais no setor**. A falta de habilidades em tecnologia digital dificulta a adoção e alavancagem de tecnologias digitais, o que, por sua vez, aumenta os custos e riscos associados à transformação digital. Sem profissionais capacitados no setor de energia que possam efetivamente entender, implementar e gerenciar essas tecnologias, o processo é dificultado e limitado em seu impacto potencial.

Juntos, esses desafios formam um cenário complexo que requer uma abordagem integrada e coordenada. A definição de indicadores técnicos homogêneos é essencial para medir e avaliar os progressos no sentido da digitalização e da cultura digital. Ao mesmo tempo, é necessário eliminar os obstáculos financeiros e regulatórios, investindo simultaneamente na formação e no desenvolvimento de competências digitais para superar o déficit de conhecimentos. Essa abordagem holística permitirá que o setor de energia da região da ALC avance em direção a uma transformação digital eficaz e benéfica para todos os atores envolvidos.



06

Melhores práticas globais
identificadas e
potencialmente replicáveis
na ALC





Após a análise de casos de sucesso de outros países, bem como as potenciais barreiras que têm retardado os processos de implantação de tecnologias, e em conjunto com a visão dos principais agentes que fizeram parte do processo de transformação digital e que foram contactados durante a elaboração deste relatório, foram identificadas uma série de boas práticas e lições aprendidas com os países que estão a liderar a transformação digital da transformação digital do Setor de energia.



6.1. Melhores práticas e lições aprendidas para a transformação digital do setor

Melhores práticas globais identificadas para a transformação digital do setor

Com base nas análises realizadas sobre determinados países de interesse e seus agentes mais relevantes, esta seção procura sintetizar quais aspectos básicos devem ser considerados para alcançar uma transformação digital bem-sucedida do setor, em três categorias: (i) regulação como aspecto fundamental para o desenvolvimento da transformação digital, (ii) colaboração entre agentes setoriais para a implantação de soluções de transformação digital e (iii) desenvolvimento da transformação digital e infraestruturas existentes no setor da energia. O foco deste capítulo inclui a visão institucional e regulatória e a das empresas e atores do setor.

A regulação como aspecto fundamental para o desenvolvimento da transformação digital

Desenvolvimento de pilotos e programas de aprendizagem

Visão institucional e regulatória: O desenvolvimento de regulamentações requer a avaliação de seu impacto a curto, médio e longo prazo. Portanto, o desenvolvimento de programas-piloto e sandbox permite que os órgãos reguladores controlem os testes que são avaliados e monitorados, para, posteriormente, orientar sua regulação às demandas do sistema, sempre em benefício dos consumidores e buscando a eficiência e eficácia dos investimentos desenvolvidos naquele marco regulatório.

Visão das empresas e agentes do setor: os investimentos no setor energético e, principalmente, aqueles que pretendem ser uma transformação transversal exigem somas econômicas notáveis que dificilmente poderão ser executadas sem a correta segurança jurídica e certeza no marco regulatório que se desenvolve. Portanto, a utilização de *sandbox* regulatórios, em ambientes de teste limitados, permite trabalhar em conjunto com o Regulador para adaptar e garantir que os cenários regulatórios desenvolvidos e testados sejam positivos, e não produzam efeitos indesejados ao sistema, como superinvestimentos desnecessários ou colocando em risco certos aspectos que garantem a integridade do sistema.

- **Marco regulatório estável e incentivador que proporcione segurança jurídica**

Visão institucional e regulatória: são necessários planos e estratégias de digitalização supranacionais, além de programas de estímulo. Uma das principais preocupações do Regulador está em facilitar o acesso universal à energia elétrica pelos consumidores ao menor custo possível, para isso, exigem um planejamento adequado de investimentos em ativos digitais que lhes permita acompanhar as atividades. Por outro lado, o uso de dados na revolução digital é fundamental; Mas também pode levar a vulnerabilidades na proteção e nos direitos do consumidor. Por conseguinte, o marco regulatório deve incentivar os consumidores a manterem também o controle sobre os seus dados. Isso ajudará os consumidores a exigir, de um ambiente seguro e confiável, o aumento da provisão tecnológica e digital do setor.

Visão das empresas e agentes do setor: a implantação de infraestrutura digital requer grandes investimentos que devem ser executados principalmente por agentes privados, e recuperados por longos períodos de tempo. Esses investidores exigem um marco regulatório estável que lhes proporcione segurança jurídica de que recuperarão os investimentos feitos com um retorno razoável no longo prazo. Do mesmo modo, os quadros jurídicos estabelecidos devem promover a capacitação dos consumidores, bem como a sua proteção.

Por fim, recomenda-se desenvolver metodologias tarifárias de longo prazo, que não sejam deficitárias para o Sistema, bem como criar ferramentas para envolver a digitalização em mercados competitivos, protegendo investidores e empreendedores de volatilidades “down-side”.

- **Apoiar o desenvolvimento de planos regionais para promover o processo e estratégias internacionais**

Visão institucional e regulatória: os sistemas de energia estão cada vez mais expostos à globalização e, por isso, seu desenvolvimento também deve ser acompanhado pelo desenvolvimento de alianças internacionais entre operadores, com outros agentes da cadeia de valor e até mesmo com empresas de tecnologia que favoreçam e promovam desenvolvimentos semelhantes. Portanto, é especialmente importante que os países da região estabeleçam estratégias comuns para garantir sinergias que incentivem a implantação da digitalização em toda a região. A criação de uma visão compartilhada pode favorecer o surgimento de oportunidades na cadeia de valor industrial, favorecendo a produção local que resulta em impactos positivos em termos de investimento e geração de empregos.

Visão de empresas e agentes do setor: la revolución digital también pasa por la modernización del sistema energético en las proximidades del consumidor, como por ejemplo con el desarrollo de Smart cities. Esto puede favorecer la creación de sinergias entre ciudades que acometan estas transformaciones, con el objetivo de establecer parámetros comunes de desarrollo que garanticen modelos de éxitos replicables en otros emplazamientos de la región que se encuentren con un grado de madurez digital menor.

Asimismo, un aspecto positivo es la creación y puesta en marcha de organismos asociativos vinculados al impulso a la transformación digital de las regiones, garantizando que los mejores modelos de desarrollo puedan ser replicados a través del intercambio de conocimiento, en otros

lugares de la región. Estos foros, son especialmente de interés para los agentes más industriales de la cadena de valor del sector energético, como es el sector de producción de equipos o el desarrollo de herramientas software digitales, ya que pueden conocer de primera mano las necesidades del sector, y de esta manera centrar sus esfuerzos inversores en dar respuesta a la demanda del sistema.

Colaboração entre players do setor para a implantação de soluções de transformação digital

Promoção da conectividade e interoperabilidade entre os intervenientes na cadeia de valor:

Visão institucional e regulatória: os reguladores estão cientes da necessidade de ter e promover a implantação de comunicações inteligentes, pois sem elas não seria possível aproveitar toda a informação que é captada e processada nas infraestruturas.

Visão das empresas e agentes do setor: o elemento-chave para digitalizar qualquer sistema é o acesso aos dados. Os dados, coletados por meio de dispositivos digitais, são a base do processo de transformação, portanto, a troca contínua de dados entre os agentes envolvidos no sistema energético deve ser promovida, para otimizar a operação e oferecer um impacto positivo aos consumidores.

Promover sinergias entre diferentes setores e agentes da cadeia de valor:

Visão institucional e regulatória: a cooperação entre os atores é vital para garantir o sucesso da revolução digital. É por isso que os países da região devem promover a cooperação e a criação de sistemas de inovação nos quais possam ser criadas alianças estratégicas entre membros de diferentes subsetores da cadeia de valor. Assim, por exemplo, os fabricantes de bens de capital devem conhecer as necessidades dos operadores de infraestruturas energéticas, a fim de poderem centrar a sua produção e desenvolvimento de novos equipamentos na procura do setor. Isso resultará no alinhamento da cadeia de valor de suas estratégias e objetivos de tal forma que seja uma cooperação bem-sucedida para todas as partes.

Visão das empresas e agentes do setor: os reguladores devem conhecer as necessidades em termos de novos serviços e funcionalidades exigidas pelos operadores de infraestruturas energéticas, para que possam incentivar ou promover, através de marcos regulatórios, o investimento em determinadas áreas que considerem mais eficientes para atingir os objetivos de digitalização definidos.

Da mesma forma, é solicitada maior participação do público no desenvolvimento de protótipos e pilotos locais com baixo grau de maturidade tecnológica e programas de estímulo adequados, que evitem a deslocalização industrial.

Promover a participação dos consumidores através de figuras, serviços ou modelos de negócio:

Visão institucional e regulatória: um dos aspectos críticos e o propósito da transformação digital é a importância de proporcionar aos consumidores de energia maior relevância na tomada de decisão do sistema energético, de modo que através de um conhecimento superior sobre seu consumo, sua possibilidade de participação nos mercados de energia, e, por exemplo, sua capacidade de promover o autoconsumo através da figura do prosumidor ou comunidades energéticas, melhorando a eficiência do sistema. Deve ser promovida a sensibilização do público para o consumo de energia.

Visão das empresas e agentes do setor: os agentes privados exigem clareza na definição de novos modelos de negócios e quais agentes do setor estão autorizados a realizar cada atividade. É fundamental facilitar o acesso ao consumo de energia dos clientes por meio de aplicativos digitais.

● **Garantir e respeitar a sustentabilidade na revolução digital:**

Visão institucional e regulatória: a transição ecológica necessária para frear as mudanças climáticas envolve, sem dúvida, a transformação do setor energético em direção a modelos mais sustentáveis. Nesse sentido, a revolução digital é fundamental para garantir seu sucesso. No entanto, é necessário que a implantação tecnológica e digital no setor seja eficiente e neutra em termos climáticos, uma vez que o processamento dos dados geralmente implica alto consumo de energia. Por isso, é necessário que a habilitação de fontes renováveis de geração, via digitalização, garanta que o uso de energia nas tarefas de acesso, processamento e uso de dados seja completamente sustentável. As estratégias de transição energética devem ser promovidas com uma componente muito relevante de promoção da sustentabilidade (redução das pegadas de carbono dos agentes e equipamentos, ecodesigns, economia circular, etc.).

Visão das empresas e agentes do setor: é positivo que a evolução tecnológica seja acompanhada pela garantia, através, por exemplo, de rótulos ambientais, que garantam que a transformação digital do setor está a ser realizada com o mínimo impacto possível na pegada ambiental, e com respeito pelo ambiente.

Ao mesmo tempo, além do cumprimento das regulamentações locais e dos objetivos de descarbonização, são exigidos incentivos (regulatórios, fiscais, etc.) para acelerar o processo de transformação.

Desenvolvimento das capacidades e infraestruturas existentes no setor da energia

● **Melhorar as capacidades digitais dos agentes e consumidores:**

Visão institucional e regulatória: trabalho está sendo feito no desenvolvimento de programas de conscientização social. A digitalização está evoluindo tão rápido em nossa sociedade, que deve ser levada em conta para não perder oportunidades por falta de capacidade. Nesse sentido, é necessário garantir que tanto os consumidores quanto os agentes tenham capacidade digital para participar desse processo transformador e, portanto, a necessidade de garantir a acessibilidade da maioria dos consumidores a essas novas interfaces digitais, para que atendam plenamente às suas necessidades, deve ser levada em conta durante a concepção das ferramentas digitais, hábitos e expectativas. Isto é especialmente crítico à luz das mudanças geracionais e demográficas, uma vez que os utilizadores de energia de maior idade exigem apoio em torno da transição digital.

Visão das empresas e agentes do setor: ênfase especial é dada à necessidade de desenvolver uma cultura corporativa digital e internalizar o uso de ferramentas digitais. As mudanças culturais ocorrem desde a gestão da empresa até o restante dos colaboradores. Para isso, é muito importante desenvolver programas internos de digitalização adaptados a cada trabalho.

● **Incentivar o investimento na modernização das infraestruturas energéticas:**

Visão institucional e regulatória: o processo de digitalização requer a interação entre agentes e dispositivos e, portanto, a troca de uma grande quantidade de informações e dados que proporcionem flexibilidade e eficiência ao sistema. Nesse sentido, a modernização das redes de energia, que são o vetor de união entre geração e demanda, é especialmente crítica. Isso requer coordenação e cooperação entre agentes públicos e privados que mobilizem investimentos no fornecimento de inteligência para infraestruturas energéticas.

Visão das empresas e agentes do setor: são exigidos programas de apoio à I+D+i, testes e pilotagem de investimentos que visem a melhoria das funcionalidades das redes, através da implantação de tecnologias de automação, comunicação e sensorização, sem esquecer a necessidade de que esta implantação seja acompanhada de desenvolvimentos de cibersegurança.

Por outro lado, os agentes privados consideram apropriado que os países implementem programas de transformação que incentivem a digitalização e a inovação. Neste domínio, é fundamental que os reguladores nacionais do setor da energia identifiquem investimentos eficientes em termos de digitalização (forneçam sinais regulamentares adequados) e que sejam concedidos incentivos aos intervenientes responsáveis pela realização do processo de modernização das infraestruturas energéticas, como os operadores de redes de transporte e distribuição de energia.

- **Necessidade de promover uma mão de obra qualificada que garanta o sucesso do processo de transformação:**

Visão institucional e regulatória: a constante evolução tecnológica exige que as mudanças de backbone da digitalização sejam aplicadas com agilidade suficiente para evitar a obsolescência da tecnologia implantada. Portanto, é vital que haja uma força de trabalho qualificada para garantir uma implantação rápida. Para tal, o reforço dos sistemas de formação e ensino nas áreas tecnológica, digital e de cibersegurança, a nível regional, garantirá a existência de profissionais qualificados para garantir a agilidade da transformação digital.

Visão das empresas e agentes do setor: o setor privado reforça as abordagens do setor público e solicita um tratamento e/ou reconhecimento adequado dos investimentos em ativos digitais (hardware e software).

Visão das universidades e centros de conhecimento: O setor académico e a cadeia de valor industrial devem estar alinhados no desenvolvimento das competências necessárias para garantir que os profissionais tenham as habilidades necessárias para garantir o desenvolvimento e a correta implantação e operação de tecnologias disruptivas. Da mesma forma, os roteiros e programas de estímulo que alguns países estão desenvolvendo devem incorporar itens e planos específicos para incentivar o desenvolvimento de mão de obra qualificada no entorno dos centros de produção.

- **Aumentar a resiliência do sistema energético e da sua infraestrutura crítica a eventos climáticos adversos:**

Visão institucional e regulatória: na era atual, a existência de fenômenos naturais catastróficos derivados das mudanças climáticas é cada vez mais comum. Episódios de grandes inundações, grandes incêndios florestais ou chuvas intensas podem colocar em risco a segurança do fornecimento, resultando em impactos negativos sobre os consumidores e os sistemas de produção que têm o fornecimento de energia como a força motriz por trás de seu crescimento. Nesse sentido, os reguladores devem assegurar que os agentes privados invistam na garantia da resiliência de seus ativos energéticos, não apenas por meio da melhoria construtiva desses elementos, mas especialmente por meio de um planejamento adequado de sua rede de ativos. Para isso, é vital o uso de tecnologias de virtualização digital de sistemas de energia, como o uso de gêmeos digitais que permitem simular condições extremas baseadas, por exemplo, em padrões climáticos adversos.

Visão das empresas e agentes do setor: os agentes devem poder identificar e executar as ações (investimento ou operação e manutenção) de cada ativo, a fim de realizar as ações mais adequadas em cada caso. Por outro lado, está sendo feito um trabalho no desenvolvimento de digital twins, entre outras soluções inovadoras, para realizar simulações e cenários de impacto e, a partir deles, poder fazer planos de contingência e melhor planejamento de investimentos nos próximos anos. No contexto da região da ALC, onde eventos climáticos extremos e variabilidade hidrológica podem ter um impacto significativo na segurança energética, é essencial concentrar esforços na melhoria da medição hidrológica e no refinamento da projeção de cenários climáticos.

- **Reforço e desenvolvimento contínuo da cibersegurança do sistema energético:**

Visão institucional e regulatória: Nessa área, também é fundamental desenvolver estratégias específicas de cibersegurança por parte de órgãos públicos e entidades reguladoras, para adotar e/ou reconhecer padrões internacionais já estabelecidos que protejam os direitos dos consumidores de garantir o acesso à energia.

Visão das empresas e agentes do setor: a cibersegurança tem papel fundamental no processo de transformação digital, pois garante a confiabilidade de sistemas de energia cada vez mais digitalizados. Nesse sentido, é necessário que o desenvolvimento de novas ferramentas digitais seja acompanhado pelo desenvolvimento de novas funcionalidades em termos de cibersegurança, para garantir a integridade do sistema energético em todos os momentos. Da mesma forma, estes desenvolvimentos em cibersegurança devem abranger toda a cadeia de valor, de modo a que, desde a produção, às redes de energia e aos consumidores estejam protegidos contra as vulnerabilidades cibernéticas.

Lições aprendidas para a transformação digital do setor

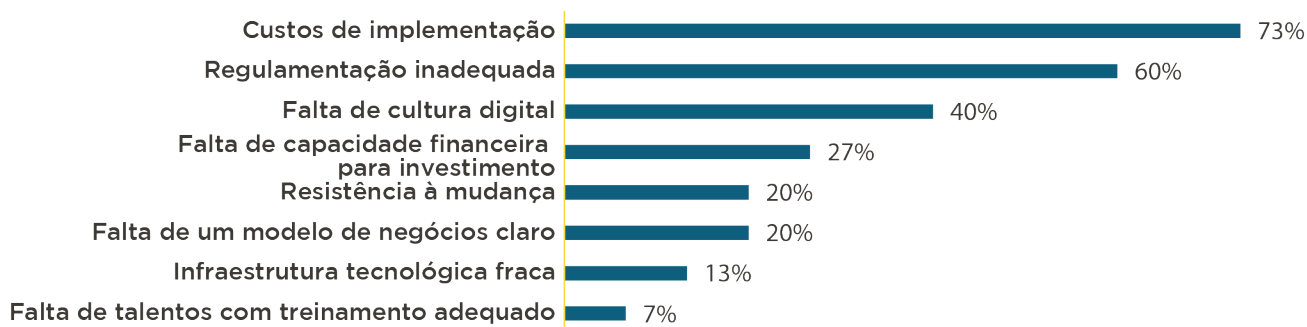
No decorrer dos trabalhos, foram realizadas entrevistas e contatos com agentes do setor, que atuam nos países analisados. Nesse processo, foram identificadas várias lições aprendidas e elementos-chave que devem ser considerados para garantir o sucesso do processo de transformação digital. Seriam os seguintes:

- Promoção de uma **regulamentação atualizada e alinhada às novas demandas do setor e dos consumidores, que proporcione certeza e segurança jurídica** aos investidores. Bem como uma regulamentação sobre governança de dados, que protege a segurança dos dados dos usuários que são medidos e analisados por agentes do setor.
- **Transformação cultural, empresarial e social, e dos órgãos reguladores**, o que garante agilidade e ótima tomada de decisão.
- Promoção **da colaboração público-privada para a elaboração de um roteiro de transformação digital** acordado entre os agentes do setor (público e privado).
- Investimento na **modernização da atual infraestrutura energética**, para orientá-la às necessidades derivadas da transição energética (incorporação de renováveis e novos negócios).
- Identificação de parâmetros que permitam **mensurar adequadamente o grande progresso no processo de transformação digital**, para nortear as etapas a médio-longo prazo.
- **Prevenção e antecipação do aparecimento de potenciais riscos ou barreiras** que representem um abrandamento da revolução digital do setor.
- **Disponibilização de recursos econômicos e humanos** para as tarefas que visam avançar no processo de transformação digital do setor.
- Avançar na **implantação de tecnologias disruptivas** que capacitem o consumidor, viabilizem novas formas de geração sustentável e aumentem a resiliência do sistema.

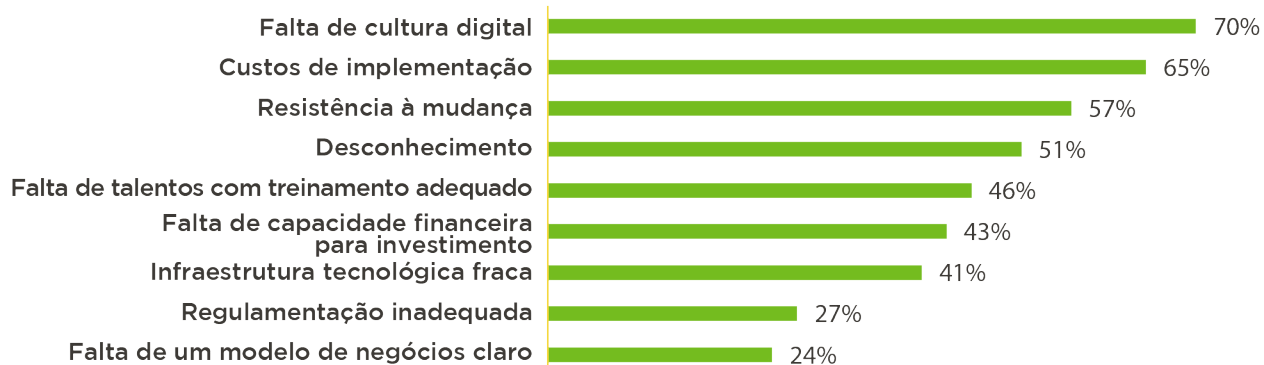
6.2. Recomendações para acelerar a transformação digital na região

Com base na análise da visão dos principais agentes do setor energético na região da ALC, foi identificada uma série de barreiras para a implementação efetiva da transformação digital. Embora sejam diferentes para os agentes pesquisados nos setores público e privado, como mostra o gráfico abaixo, ficou demonstrado que a ausência de um marco regulatório sólido, a falta de conscientização ou cultura digital e os custos associados à implementação dessa transformação são três das barreiras mais relevantes.

Barreiras identificadas pelo setor privado



Barreiras identificadas pelo setor público



Por isso, e tendo em conta as melhores práticas identificadas na análise da transformação digital nos países líderes, foram extraídas cinco recomendações relevantes para acelerar o seu desenvolvimento na região:

- 1. Um quadro regulamentar moderno e estável.** A regulação é considerada um dos principais incentivadores para que as empresas do setor privado invistam na implantação de novas soluções para a transformação digital do setor. Em particular, ter uma definição técnica compartilhada ou objetivos específicos proporciona segurança ao longo do tempo e segurança jurídica na implantação de tecnologias disruptivas ou novos modelos de negócios.

Cabe destacar que os países analisados já possuem ou estão em processo de desenvolvimento de regulamentações específicas no campo da transformação digital. Alguns deles, como o Reino Unido, contam com ferramentas como sandbox regulatórios para alcançar um rápido desenvolvimento e envolver as partes interessadas, identificando as principais barreiras regulatórias que enfrentam ao implantar soluções de digitalização no nível do setor. Outros, como Itália, Espanha e Portugal, evoluem a partir de objetivos específicos e incentivados pela União Europeia, através dos seus Planos Nacionais Integrados de Energia e Clima.

Após a análise do estado da região da ALC, recomenda-se, como primeiro passo, o desenvolvimento de uma visão compartilhada da transformação digital, bem como o desenvolvimento de estratégias e planos que definam objetivos claros e se adaptem às diversas realidades locais. Já que, segundo **37% dos agentes do setor pesquisados, a existência de regulação inadequada é uma restrição para o avanço da transformação digital nele.**

2. Incentivos econômicos para investimento em digitalização. Uma transformação digital adequada do setor energético significará um aumento da qualidade e da eficiência, o que poderá traduzir-se em economias para o sistema energético. No entanto, para chegar a esse ponto, são necessários incentivos econômicos ao investimento que permitam uma transformação digital homogênea do setor.

De todos os países analisados, vale destacar o exemplo dos Estados Unidos, que possui programas de apoio econômico voltados ao fortalecimento da infraestrutura de rede por meio da implementação de tecnologias digitais disruptivas, por exemplo, com programas como o *Inflation Reduction Act* ou o *Smart Grid Investment Program*. Da mesma forma, nos países da União Europeia, após a COVID-19, foi implementada uma série de medidas através de fundos europeus para incentivar o desenvolvimento de infraestruturas energéticas, bem como a inovação a nível setorial, através de novos modelos e vetores energéticos.

No contexto da região da ALC, identificou-se uma distribuição desigual de custos e benefícios entre os atores envolvidos, o que pode desencorajar a adoção generalizada de tecnologias digitais. Enfrentar essa assimetria requer a **implementação de políticas e estratégias que promovam o acesso equitativo às tecnologias digitais e a colaboração entre governos, empresas e organizações.** Nesse sentido, os custos da transformação digital são a principal barreira identificada, por **67% dos agentes entrevistados**, para o desenvolvimento da transformação digital.

3. Adoção tecnológica para modelos e serviços disruptivos. Parte do processo de transformação digital integra a necessidade de ter tecnologias digitais disruptivas aliadas ao máximo aproveitamento de seu potencial no setor. Em outras palavras, o objetivo final dessa transformação transcende o fato de alcançar maior eficiência dos processos, e tem uma perspectiva mais ampla que considera a introdução de novos modelos de negócios que envolvam o usuário final como outro agente do mercado.

Os países líderes em transformação digital analisados compartilham dessa visão, que vai além de introduzir melhorias no sistema existente, para dar origem a um modelo mais disruptivo. Em particular, a Coreia do Sul tem uma indústria muito poderosa no campo do desenvolvimento de tecnologia da informação que a torna disponível soluções digitais disruptivas aplicáveis ao campo da energia.

A partir das ideias extraídas da análise do estado atual da região, observou-se que as **tecnologias digitais tendem a ser mais destinadas a melhorar os processos existentes em vez de promover a inovação e novos modelos de negócio**, o que significa que ainda há potencial a ser explorado na transformação digital do setor especialmente nas áreas tecnologicamente mais disruptivas. De acordo com as barreiras identificadas pelos agentes pesquisados, considera-se fundamental investir em novas tecnologias. **33% dos agentes entrevistados consideram que a infraestrutura tecnológica atual é fraca.** Essa visão é especialmente reforçada no setor público, com mais de 41% dos agentes públicos do setor considerando-a como uma barreira para a implantação efetiva da transformação digital.

▶ **4. Cultura digital.** Junto com o progressivo desenvolvimento digital, há uma mudança na consciência social que impulsiona o setor de energia para novos modelos de negócios cada vez mais digitalizados.

Um aspecto comum identificado nos países líderes e, sobretudo, nas conversas com agentes relevantes a nível setorial, é a implementação de estratégias e planos por parte dos agentes privados do setor energético para desenvolver competências digitais e impulsionar a transformação digital desde o núcleo das empresas, até aos clientes.

Atualmente, a região reflete um potencial de melhoria na **definição de indicadores técnicos uniformes e uma cultura digital sólida que dificultam a avaliação precisa do progresso na adoção de tecnologias digitais e na promoção de uma cultura digital** no setor de energia. Para enfrentar estes desafios, a **região deve investir no desenvolvimento de conhecimentos e competências digitais no setor.** Nesse contexto, alguns **fatores limitantes** apontados pelos agentes pesquisados para **o avanço da transformação digital do setor, em ordem de relevância, são: (i) a falta de uma cultura digital, (ii) o desconhecimento e (iii) a resistência à mudança.**

▶ **5. Colaboração público-privada para cadeias de valor digitais no setor.** A necessidade de uma notável implantação de tecnologias digitais para realizar com sucesso o processo de transformação, pode impulsionar o desenvolvimento de uma indústria de proximidade mais moderna e orientada para as necessidades setoriais, como a evolução do setor de fabricação de bens de capital. Isso também requer investimento do setor privado.

Nesse sentido, regiões como a Europa e os Estados Unidos lançaram iniciativas intersetoriais para reindustrializar setores que vinham perdendo progressivamente potencial industrial em favor de outras regiões.

Em particular, **a região da ALC tem vantagens importantes** sobre outras regiões: a **presença em seu território de recursos renováveis e reservas de minerais estratégicos de interesse para novos modelos de negócios de energia**, como cobre, alumínio ou terras raras. Isso pode levar a um impacto positivo na sociedade por meio da criação de empregos qualificados e oportunidades de industrialização.

6.3. Potencial de replicabilidade das melhores práticas a médio e longo prazo

Neste sentido, após a análise das diferentes melhores práticas que garantiram uma implantação eficaz noutras regiões do mundo, a evolução da implementação a médio prazo (Horizonte 2030) para a longo prazo (Horizonte 2050) na região deverá ser a seguinte:

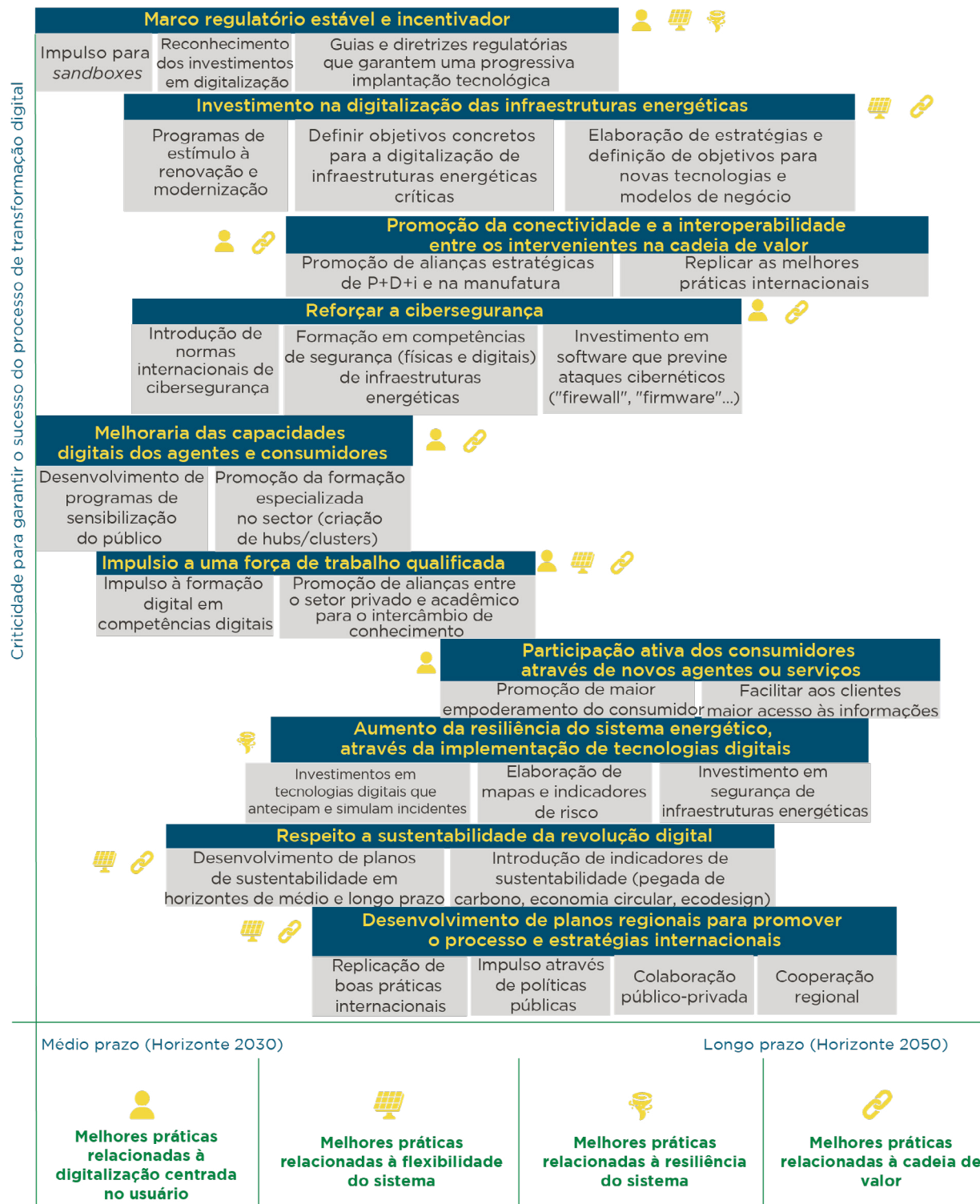


Figura 17. Desenvolvimento temporário de melhores práticas no ambiente de transformação digital do setor energético. Fonte: Elaboração própria.

Após esta análise, ter-se-ia identificado, como primeiro passo para o desenvolvimento de processos de transformação digital no setor energético, o **teste da adequação e eficácia das tecnologias digitais e das medidas regulatórias** necessárias para alcançar a implantação generalizada de soluções digitais.

Este pode ser um ponto de partida **para estabelecer as bases e um marco regulatório inicial** (*marco regulatório estável e de incentivo*) que proporcione **segurança, estabilidade e atraia investimentos para o campo da implantação tecnológica** no sistema energético. Para tal, é fundamental realizar uma fase inicial de **lançamento de projetos-piloto** (*Promoção de bancadas de ensaio regulamentares*), com o objetivo de orientar os novos desenvolvimentos regulamentares de aplicação às propostas e implantações tecnológicas mais eficientes para sistemas energéticos do ponto de vista da relação custo-benefício. Da mesma forma, devem ser estabelecidos objetivos específicos, adaptados às realidades locais, com base nas melhores práticas identificadas no setor, que permitam o desenvolvimento efetivo da transformação digital (*Desenvolvimento de planos regionais para promover o processo e estratégias internacionais*).

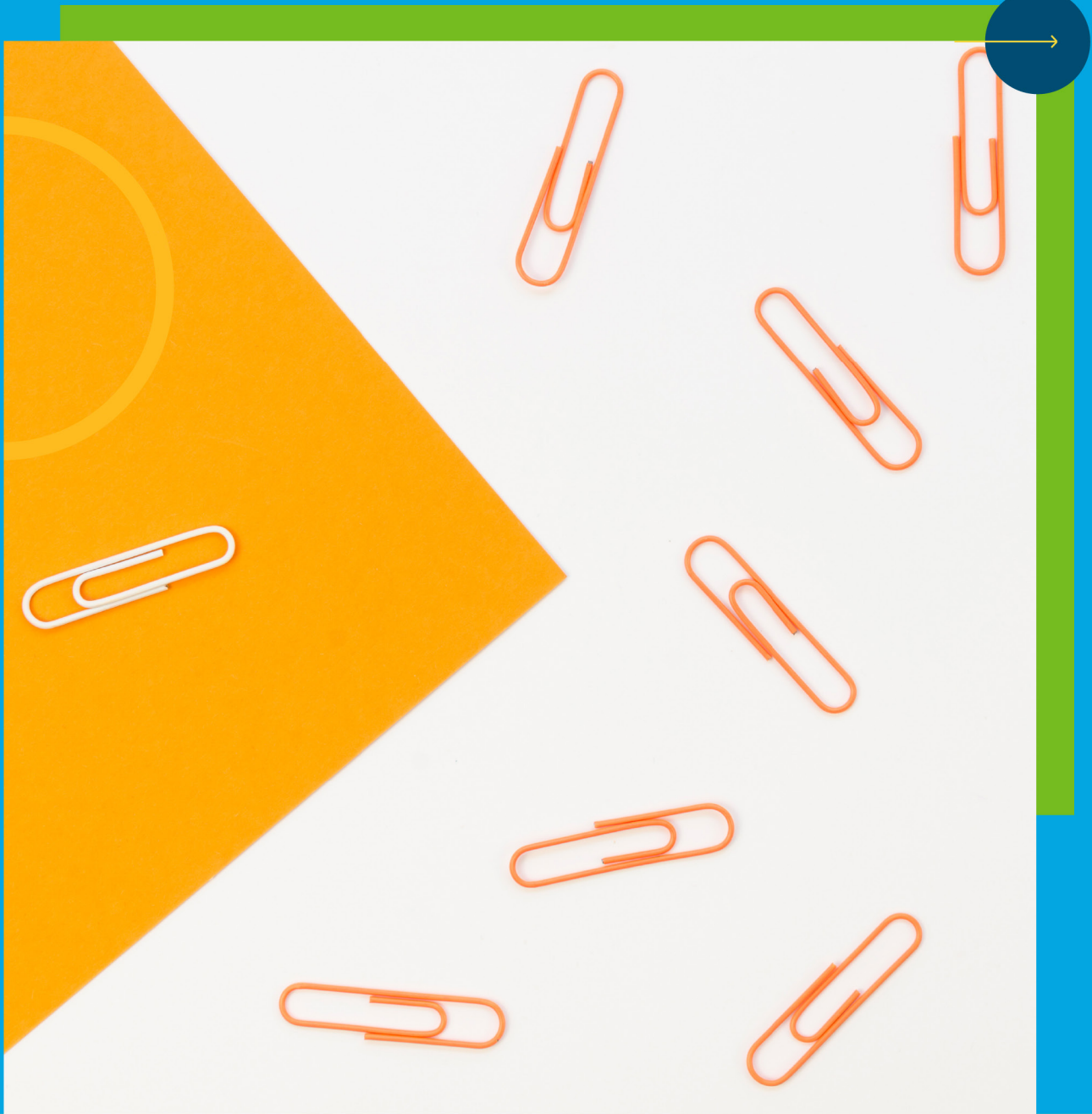
Esse processo também deve ser acompanhado por uma progressiva mudança cultural e empresarial, a partir do início da transformação digital, para contribuir para um envolvimento progressivo de todos os agentes no processo. Da mesma forma, **a mudança no modelo cultural e de negócio das organizações (Melhoria das capacidades digitais dos agentes e consumidores)** a médio prazo, com uma mudança progressiva no modelo de liderança, contribuirá para dotar o processo de maior financiamento e promover o talento profissional nas áreas do desenvolvimento tecnológico, dedicando recursos económicos e humanos ao crescimento digital (*Promoção de uma mão-de-obra qualificada*).

Concretamente, a **médio prazo** (Horizonte 2030) devem também ser definidas as orientações que permitam as mudanças necessárias no setor. Trata-se **de investir e modernizar a infraestrutura energética atual** (*Investimento na digitalização da infraestrutura energética*), por meio de incentivos regulatórios e económicos que incentivem o investimento privado, de modo que seja permitida a incorporação de tecnologias disruptivas de interesse quando o grau de maturidade tecnológica ainda é baixo, como tecnologias baseadas em comunicações inteligentes, sensorização ou medição inteligente.

Além disso, a **longo prazo** (Horizonte 2050), à medida que os **sistemas de energia são dotados de soluções digitais, que permitem aumentar a sua resiliência** (*Aumentar a resiliência do sistema energético através da incorporação de tecnologias digitais*) com a incorporação de tecnologias emergentes como a Inteligência Artificial, os digital twins ou a Edge computing, entre outras, devem ser desenvolvidas outras áreas para garantir a **integridade do sistema neste ambiente de interconectividade, como a cibersegurança** (*Reforço da cibersegurança*).

Da mesma forma, do ponto de vista das políticas públicas de longo prazo, elas devem estabelecer **sinergias entre os agentes do setor, para promover alianças estratégicas que garantam novas oportunidades ao longo** da cadeia de valor (*Promoção da conectividade e interoperabilidade entre os agentes da cadeia de valor*).

Todo este desenvolvimento deve perseguir o objetivo de alcançar uma maior sustentabilidade no setor energético (*Respeito pela sustentabilidade da revolução digital*).



Anexos



Anexo A. Tecnologias para a digitalização do setor da energia

Esta seção abordará as principais tecnologias que estão impulsionando a transformação digital do setor de energia globalmente. Para tanto, foi analisada a análise das diferentes tendências na implantação de soluções tecnológicas implementadas no setor de energia, realizadas por países de diferentes regiões, e que estão tendo sucesso comprovado no avanço em direção a sistemas energéticos digitais, interconectados, confiáveis e resilientes.

Tecnologias emergentes no campo da transformação digital

Para entender o processo de transformação digital, e as oportunidades imersas na implantação das diferentes tecnologias digitais disponíveis no mercado, é fundamental conhecer as possibilidades oferecidas por cada uma delas. Nesse sentido, existem atualmente inúmeras tecnologias emergentes e disruptivas no setor energético, que estão sendo progressivamente implementadas:





	 Digitalização centrada no usuário	 Flexibilidade do sistema para incorporar energias renováveis	 Resiliência dos sistemas energéticos	 Impacto na cadeia de valor
Blockchain	●	●	○	●
Big data	●	●	●	○
Cloud computing	●	●	●	○
Sensorização	●	●	●	○
Advanced Metering Infrastructure (AMI) & Smart Meters	●	○	○	○
Inteligência Artificial (IA)	●	●	●	●
Digital Twin	○	●	●	○
Internet of Things (IoT)	●	●	●	●
Robotização	○	●	●	●
Drones	○	●	●	●
Realidade aumentada	●	●	○	○
Conexão 5G	●	●	●	○
Fibra Óptica	●	○	○	○
Edge Computing	○	●	●	○
Segurança cibernética	●	●	●	●

Tabela 4. Classificação das tecnologias emergentes inovadoras no setor da energia. Fonte: Elaboração própria.

Uma vez que as tecnologias foram classificadas com base na área tecnológica em que estão enquadradas, deve-se observar abaixo quais são os impactos e benefícios específicos que podem ser esperados de cada uma delas nas principais áreas de desenvolvimento da transformação digital.



Digitalização centrada no usuário ▶

O usuário está mudando seu papel, posicionando-se no centro dos sistemas de energia. Essa mudança exige o empoderamento dos consumidores por meio de dados, fornecendo-lhes informações em tempo real sobre determinados parâmetros de seu interesse, como consumo, preços de mercado, fluxos de energia no caso de geração distribuída e autoconsumo, ou transações peer-to-peer.

Nesse novo cenário, fica evidente a necessidade de implantações tecnológicas que garantam a coleta de dados dentro do sistema energético. Nesse sentido, tecnologias como a infraestrutura de medição avançada e inteligente (**AMI & medidores inteligentes**), podem contribuir para a captura de informações sobre seu status em pontos de consumo e infraestruturas energéticas. A novidade com relação à medição eletromecânica ou analógica é que esses dispositivos permitem a disposição sem fio e em tempo real dos dados de consumo, que podem ser utilizados na tomada de decisão do cliente. Especialmente no setor elétrico, os medidores inteligentes desempenham um papel fundamental nas redes inteligentes, pois permitem a gestão da carga e dos recursos do sistema pelo lado da demanda.



Essa implantação é considerada fundamental para iniciar o processo de transformação digital e, por isso, em 2022, os bilhões de medidores inteligentes implantados em todo o mundo foram ultrapassados. Além disso, entre as vantagens desta tecnologia, está a possibilidade de que os usuários tenham acesso em tempo real ao seu consumo, o que facilita, entre outras coisas, a melhoria da eficiência energética nas residências/indústrias, da mesma forma, é necessário indicar que sem a penetração das tecnologias de Smart metering, é difícil realizar transações entre diferentes agentes da cadeia de valor, como consumidores e profissionais de marketing, ou transações peer-to-peer (P2P) (International Energy Agency, 2023).

Além disso, a captura de um volume tão significativo de dados requer o envolvimento de outras tecnologias para poder processá-los e armazená-los de forma integral e segura. Assim, tecnologias como o **Big Data** permitem o processamento e análise de grandes volumes de dados, complexos e não estruturados, por meio do uso de ferramentas avançadas. Na fase de consumo de energia, o Big Data se constitui como uma ferramenta fundamental para o tratamento e análise de grandes volumes de informações geradas pelos consumidores e captadas pelas tecnologias de Smart metering.

Na mesma linha, a **Cloud computing** garante que os dados coletados possam ser transmitidos a partir dos medidores inteligentes ou **sensores** implantados, com agilidade para as plataformas de processamento, de forma que possam ser armazenados e processados na nuvem, e seu acesso possa ser feito online. Portanto, essa tecnologia facilita muito a comunicação e a troca de informações em tempo real. Eles também permitem a governança e administração de dados por concessionárias, além de sua capacidade de otimizar o uso de servidores, possibilitar o uso de outras tecnologias como machine learning, reduzir custos e permitir a administração de autenticações e acesso às informações, o que resulta em maior segurança na governança de dados.

Junto com a Cloud computing, o uso do **Blockchain** em aplicações no setor de energia está cada vez mais difundido devido ao grande volume de dados que são coletados por todos os elementos digitais ligados à infraestrutura energética. Entre outros, o blockchain possibilita a venda de energia P2P, o que favorece a existência de novos modelos de negócios focados no usuário, como comunidades de energia.

Nesse contexto, outras tecnologias mais incipientes como a **Inteligência Artificial** podem, potencialmente, processar esses dados, e através de algoritmos gerar tomada de decisão para colocar os dispositivos tecnológicos instalados na infraestrutura energética para realizar operações que garantam uma otimização dos processos ou uma melhoria da eficiência da operação, com impacto positivo nos consumidores. Além disso, a Inteligência Artificial permite avanços em outras áreas, como Smart homes, ao possibilitar o controle de sistemas de iluminação, ar-condicionado e outros dispositivos inteligentes, o que permite a redução e otimização do consumo de energia e sua gestão ativa.

No que se refere às comunicações, estas estão cada vez mais inteligentes e ágeis para favorecer o acesso à informação em tempo real pelos usuários do sistema de energia. Assim, tecnologias disruptivas, como o **5G** ou a **fibra ótica**, representam enormes avanços na velocidade de conexão e na possibilidade de interconexão de múltiplos dispositivos que estão conectados à infraestrutura energética. A primeira delas, a conexão 5G, graças à sua natureza sem fio, traz benefícios importantes para os usuários que estão localizados em territórios mais remotos, proporcionando-lhes um aumento notável nas velocidades de upload e download, conexões mais estáveis e uma maior capacidade de transferência de dados.

No seu conjunto, a implantação destas tecnologias de digitalização permite o surgimento de novos modelos de negócio e gestão de sistemas energéticos urbanos como, entre outros, cidades inteligentes ou mobilidade elétrica. Por outro lado, as cidades inteligentes, também conhecidas como **Smart cities**, são aqueles que representam um espaço em que as infraestruturas e serviços tradicionais atingem níveis mais elevados de eficiência através da implementação de soluções digitais, em benefício direto dos seus residentes e empresas. Não se limita apenas à incorporação de tecnologias digitais, mas engloba uma abordagem abrangente para otimizar recursos e reduzir emissões (European Commission, 2022a).

Da mesma forma, dentro do processo de eletrificação dos usos de energia, o desenvolvimento da **mobilidade elétrica** está experimentando um impulso significativo. Esta tendência tem um impacto positivo em termos ambientais, oferecendo uma alternativa claramente mais sustentável aos veículos de combustão interna e, além disso, é atualmente apoiada por programas de ajuda pública, de forma a estabelecer fortes incentivos para a sua implantação, ainda muito heterogênea nas diferentes regiões do mundo. Além dos próprios veículos, a infraestrutura de carregamento e as aplicações de gestão de energia permitem que os usuários aproveitem ao máximo seus veículos elétricos, aumentando assim o conforto e a praticidade desta forma de transporte limpa e eficiente.

Além disso, deve-se destacar que todas essas implantações tecnológicas devem ser desenvolvidas ao mesmo tempo que medidas no campo da **cibersegurança**, de modo a garantir a integridade dos dados dos consumidores, bem como seus direitos. Isso implica a tomada de medidas preventivas para evitar a invasão do sistema, e também, o estabelecimento de padrões quanto ao tratamento de dados de consumidores, etc.



Flexibilidade do sistema para incorporar energias renováveis ▶

As ambiciosas metas climáticas globais estão a empurrar o setor energético para transformar o seu mix energético, de modo a torná-lo mais sustentável e descentralizado. Isso envolve a incorporação de maior capacidade de geração renovável. No entanto, o fato de incorporar tecnologias de geração renovável ao sistema energético faz emergir desafios importantes para o setor, como uma operação mais complexa dos sistemas energéticos.

Por isso, nesse cenário, é fundamental obter dados que garantam a tomada de decisão na operação do sistema de forma otimizada. Uma infraestrutura energética mais resiliente e moderna requer a medição e captura de informações para favorecer o monitoramento, a tomada de decisão e a automação. Nesse sentido, a integração de **tecnologias de sensorização** no setor e sua conexão por meio de redes sem fio ou cabeadas de alta velocidade e disponibilidade são essenciais para a obtenção de dados de ativos e redes em tempo real.

Tais tecnologias de sensoriamento no campo da geração de energia são apresentadas como um recurso valioso para a coleta de dados sobre o desempenho dos ativos de geração. Isso é especialmente relevante em tecnologias de geração renovável, onde sua natureza intermitente torna sua operação mais complexa, além de possibilitar a coleta de dados em sistemas de armazenamento. Da mesma forma, a sensorização é importante na melhoria da eficiência das redes de energia, especialmente na detecção de perdas técnicas e como auxílio à localização de fraudes energéticas.

No entanto, é necessário indicar que após a instalação é necessário um processo de integração, em muitos casos complexo, na medida em que coexistem infraestruturas com diferentes idades e sistemas governamentais, são necessários processos de verificação, teste, calibração e backup, entre outros, antes de sua plena exploração.



Uma vez que os dados são capturados, tecnologias como **Cloud Computing** e **Edge Computing** entram em ação. A Cloud computing facilita a comunicação e a troca de informações em tempo real, levando a uma tomada de decisão mais rápida e eficaz durante a operação de redes de energia. Embora, à semelhança de outras tecnologias, a utilização da Cloud computing decorra da necessidade de desenvolver sistemas de cibersegurança que garantam o acesso restrito aos dados, garantindo uma adequada governança dos dados, de forma a reduzir o risco de ciberataques que possam permitir o acesso a informação sensível.

Da mesma forma, outras tecnologias locais de processamento de dados, como o Edge Computing, que favorecem a agilidade da operação da rede, hoje exigem maior proteção em relação à **cibersegurança**.

Da mesma forma, esses dados captados por meio da sensorização são a fonte para uso por outras tecnologias como o **Big Data**, responsável por armazenar um grande volume de dados gerados durante a operação do sistema de geração de energia ou a **Inteligência Artificial** e o **Digital Twin**.

Em relação ao **Inteligência artificial**, vale a pena destacar seu caráter inovador e as oportunidades potenciais que oferece ao setor de energia no futuro. Assim, no futuro seu uso está previsto na operação automática de usinas de geração descentralizadas, de forma que através dessa tecnologia a própria geração possa ser regulada com base nos parâmetros coletados pelos sensores habilitados na infraestrutura energética e fazer uma previsão ajustada da demanda. Da mesma forma, graças à união da Inteligência Artificial com o desenvolvimento de digital twins, simulações das condições de operação e manutenção dessas usinas podem ser realizadas. Atualmente, a Inteligência Artificial é uma das tecnologias com maior projeção futura. Estima-se que o mercado ligado à Inteligência Artificial cresça a uma taxa anual de aproximadamente 39,4% entre o período 2022-2028 (Bloomberg, 2022).

Quanto aos **digital twins**, seu uso é muito positivo nos estágios iniciais de planejamento e desenvolvimento do sistema de energia, uma vez que sua capacidade de replicar virtualmente e em tempo real os parâmetros de geração e operação das redes, permite simular, prever e otimizar as infraestruturas energéticas como um todo. No entanto, o uso de digital twins implica a implantação de outras tecnologias como sensores e ferramentas de conectividade como a Internet of things ou tecnologias como a Inteligência Artificial, com o objetivo de que todos os dados sejam sincronizados entre o modelo virtual e real.

Um uso adicional dos digital twins, à simulação para planejamento e desenvolvimento do sistema, é sua utilização como ferramenta de previsão do estado dos ativos, para garantir a correta manutenção preditiva para evitar falhas e interrupções do fornecimento de energia e, portanto, a necessidade de assumir maiores custos em tarefas de manutenção corretiva.



Em linha com a automação envolvida na virtualização de sistemas, surge outra das tecnologias mais gerais que afetam a cadeia de valor: a **Internet of things**. Essa tecnologia inclui várias tecnologias de sensorização, atuação e comunicação, que fazem uso de uma rede comum para serem interconectadas entre si. O uso da IoT, portanto, permite estabelecer uma rede de objetos físicos que incorporam tecnologia para se comunicar e interagir com seu ambiente de forma digital. Nesse sentido, o uso da IoT em toda a cadeia de valor permite o controle digital das medições de tensão e potência em usinas e redes de geração, além de possibilitar a implantação de geração descentralizada, armazenamento de energia e sensores para controle de parâmetros da rede.

Em relação aos novos mercados de energia derivados da crescente penetração da geração renovável descentralizada nos sistemas energéticos, é imprescindível o uso de tecnologias disruptivas como o **Blockchain**, que se posiciona como ferramenta para garantir a integridade das transações entre agentes, servindo como ferramentas de hardware de armazenamento imutáveis que garantem essa integridade. Sua integração em ativos energéticos traz consigo uma série de benefícios relativos, não só para a disponibilidade de informações, mas também para a automação de processos. Isso é especialmente crítico em áreas contratuais do mercado para essa nova geração renovável, como contratos de compra de energia de longo prazo por meio de Contratos de Compra de Energia (PPAs) para garantir, em muitos desses casos, que a energia fornecida tenha origem renovável. Além disso, graças ao Blockchain, as transações peer to peer (P2P) podem ser habilitadas, sem a necessidade da presença de um intermediário central.

Quanto ao grande volume de dados que é tratado no ambiente de sistemas de geração renovável, a disrupção do Big Data tem grande relevância para o setor energético, uma vez que permite, por exemplo, analisar o comportamento da oferta e da demanda e otimizar os processos relacionados à operação do setor.

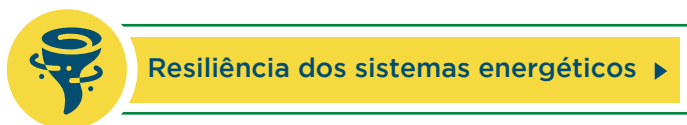
Da mesma forma, em conjunto com o **Big Data**, o Machine Learning **está sendo usado** no campo da produção de energia renovável para prever quando as fontes de geração estarão disponíveis e quando devem ser armazenadas para uso posterior.

Em particular, no campo da digitalização das redes elétricas, o Big Data adquiriu um papel muito alto nos últimos anos como uma tecnologia habilitadora para a coleta massiva de dados no contexto das redes inteligentes.

Exemplos como o uso de **drones** na supervisão de redes de energia para evitar interrupções no fornecimento e gerar novas informações que permitam o desenvolvimento de sistemas cartográficos, ou **robotização**, por meio do uso de robot dogs para acesso a ativos localizados em áreas de difícil acesso, está cada vez mais difundido e tem tido resultados exitosos.

No que diz respeito à **realidade aumentada**, o uso mais frequente no setor de energia está ocorrendo nos últimos anos no campo das redes de energia. Especialmente interessante é a sua utilização na detecção de falhas de redes de energia, através, por exemplo, do uso de óculos de realidade virtual, nos quais o operador pode ter informações sobre os parâmetros da rede, com o objetivo de garantir a sua segurança e poder realizar operações com a maior agilidade possível.

No campo das comunicações, as conexões **5G** permitem a transmissão de informações entre múltiplos dispositivos de forma rápida e rápida entre recursos de geração completamente descentralizados, bem como entre centros de autoconsumo e controle, a fim de ter um ótimo funcionamento das redes de energia.



Em um sistema energético cada vez mais descentralizado, digital e inteligente, surgem novos desafios relacionados à integridade e resiliência do sistema. Garantir a segurança do fornecimento dos consumidores é hoje um aspecto essencial de qualquer sistema energético.

Assim, no domínio da proteção das infraestruturas energéticas, contra potenciais catástrofes e fenômenos naturais, tecnologias como **Sensorização**, acompanhado do **Big data**. É fundamental analisar padrões operacionais que garantam o bom funcionamento dos ativos energéticos. A tecnologia do **Cloud computing** permite o armazenamento de dados coletados em redes de energia em um servidor remoto e a interação com eles. Desde o acesso aos dados através de sensores, até o seu armazenamento e posterior análise, há uma etapa essencial que é a sua transmissão, através do uso de tecnologias de comunicação confiáveis e rápidas como o (TelefónicaTech, 2022)5G, que garantem ações rápidas na operação da rede que permitem salvaguardar os ativos e garantir, caso haja uma malha adequada das redes de energia, o consumo de energia aos usuários.

Da mesma forma, tecnologias como **Edge computing**, que aproximem o poder de processamento o mais próximo possível do local onde os dados estão a ser gerados, (TelefónicaTech, 2022) habilitam a possibilidade de tomar decisões localmente e, portanto, ganhar velocidade na tomada de decisões. A implantação de redes 5G globalmente modificará substancialmente a hiperconectividade dos dispositivos, promovendo a Edge computing e **Internet of things (IoT)** (Deloitte Chile, 2021).

Por outro lado, nessa área, também devemos destacar o papel da previsão diante desses fenômenos. Assim, o uso da **Internet of things**, aliado ao desenvolvimento de **digital twins**, garante uma correta preparação e planejamento dos sistemas com base na simulação de cenários críticos.

A **Inteligência Artificial** permite a implementação de decisões ótimas que podem proteger e fornecer resiliência ao sistema energético através do desenvolvimento de algoritmos de previsão, enquanto os **digital twins** podem proporcionar maior capacidade de tomada de decisão nas etapas de planejamento e desenvolvimento da infraestrutura energética, permitindo a simulação de cenários em infraestruturas e planos de ação. Da mesma forma, **drones e robotização**, juntamente com as tecnologias mencionadas, facilitam a operação e manutenção dos ativos físicos do sistema de energia.



A utilização destas tecnologias permite, assim, (i) a identificação prematura de possíveis efeitos climáticos adversos, (ii) a prevenção e simulação do efeito destes fenômenos nas infraestruturas, e (iii) uma recuperação mais rápida após os efeitos que possam ocorrer, facilitando a recuperação através da identificação das áreas danificadas, do planejamento das vias de acesso às mesmas e da coordenação de equipas de manutenção e brigadas para a sua reparação. de forma eficiente, entre outros.

Igualmente, a resiliência do setor não depende apenas da integridade da infraestrutura física. Também é necessário proteger um sistema de energia cada vez mais digitalizado de potenciais riscos cibernéticos. Nesse sentido, a **evolução da cibersegurança** é fundamental.

A cibersegurança, também conhecida como segurança informática, engloba todos os elementos e práticas que são implementados para reduzir o risco de acesso não autorizado a informações e operações de sistemas digitais. Isto implica a adoção de medidas tanto ao nível do software, como a utilização de antivírus e a encriptação das comunicações e informações, como ao nível do hardware, implementando barreiras que dificultam o acesso físico aos dispositivos instalados. A cibersegurança é, portanto, essencial para proteger a integridade e a confidencialidade dos sistemas.



Impacto na cadeia de valor ►

O setor de bens de equipamentos elétricos, pertencente à cadeia de valor industrial do setor de energia, caracteriza-se por ser um setor historicamente ligado a produtos à base de ferro e cobre (transformadores, células, interruptores, fiação, etc.), que atualmente está imerso em um profundo processo de transformação para desenvolver novos produtos e serviços digitais.

Nesse sentido, a especialização do pessoal no desenvolvimento de áreas como **robotização**, automação e desenvolvimento de **drones** supõe apostas para o futuro, já que são áreas menos exploradas pelas empresas de energia atualmente. Da mesma forma, surgem oportunidades em torno do desenvolvimento de modelos de **Inteligência Artificial**, ou desenvolvimentos ligados ao **Blockchain** ou **IoT**. O campo da **cibersegurança** também é fundamental, e as oportunidades que gera são de longo prazo, já que é uma área que deve ser sempre desenvolvida em paralelo ao surgimento de novas tecnologias.

Nesse contexto, também será fundamental a geração de alianças estratégicas entre provedores de tecnologia, que permitam o desenvolvimento acelerado de projetos-piloto que consigam coletar dados e experiências para uma implantação massiva de tecnologias.

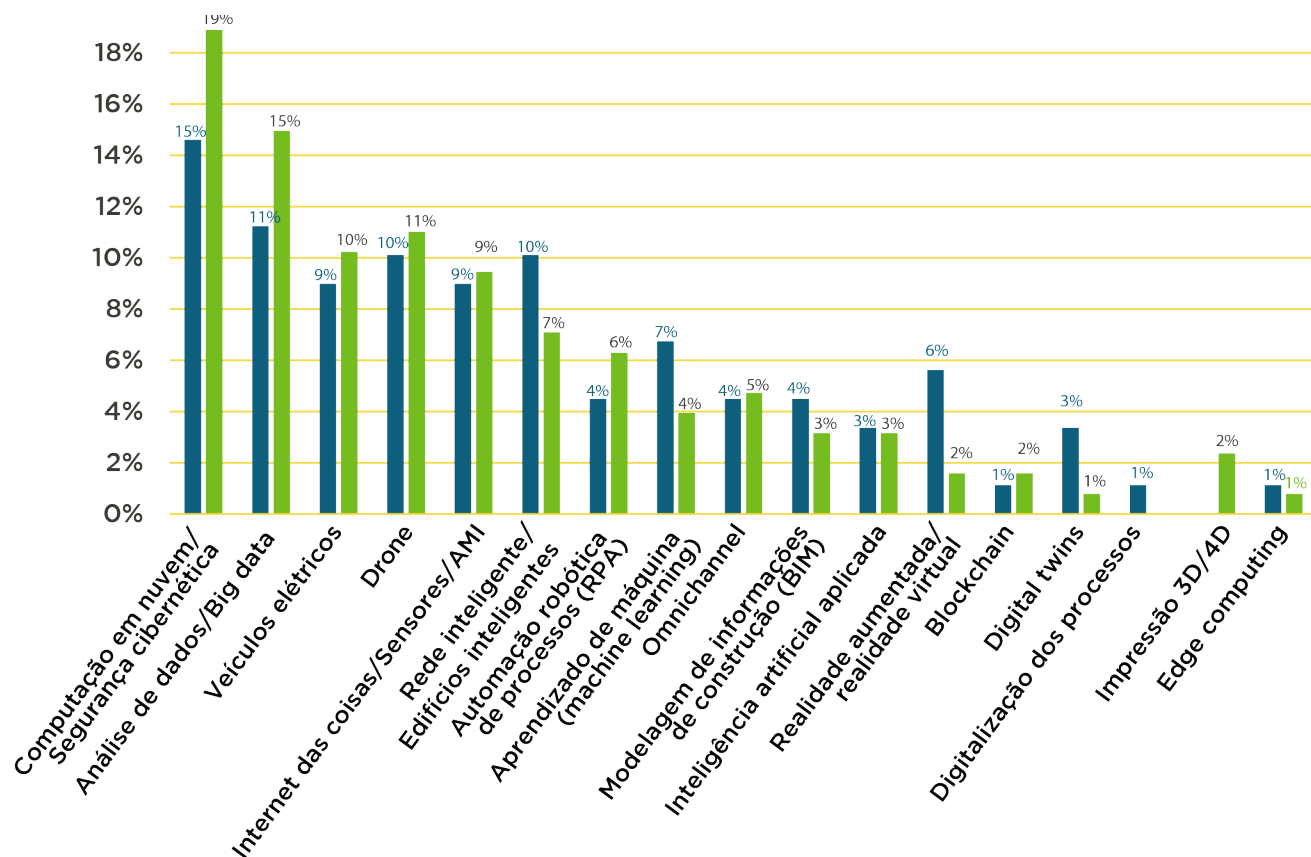
Da mesma forma, o setor pode aproveitar essa oportunidade para incorporar essas tecnologias a fim de também modernizar seus processos produtivos, que contribuem para a redução de custos e otimização das cadeias produtivas.

Principais tecnologias e áreas de transformação digital. A visão dos agentes

A progressiva incorporação de tecnologias no setor busca acompanhar a transformação do modelo do sistema energético, proporcionando maior capacidade de informação e tomada de decisão aos consumidores, para que possam participar ativamente dos mercados de energia. Além disso, uma implantação tecnológica progressiva ajudará a incorporação maciça de energias renováveis que contribuam para a descarbonização do sistema energético e dos sistemas produtivos e industriais relacionados.

Nesse sentido, a pesquisa focou nas tecnologias digitais mais avançadas que estão sendo incorporadas aos sistemas energéticos dos principais países, a fim de verificar o grau de transformação digital atual das empresas do setor de energia na região:

► Tecnologias às quais está sendo alocado investimento em transformação digital



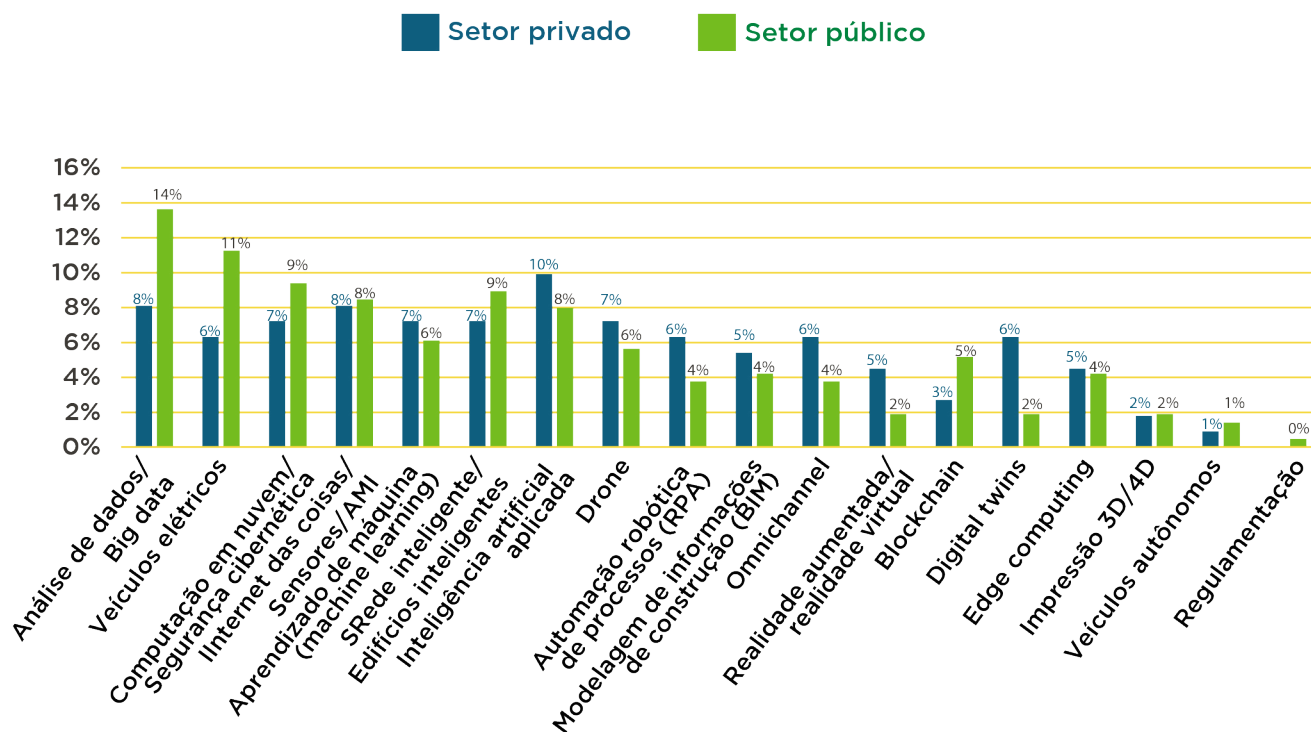
De modo geral, os resultados mostram que o setor está imerso na incorporação de tecnologias baseadas na coleta e processamento de dados. Portanto, atualmente, tecnologias como Cloud computing, Data Analytics, Big Data prevalecem sobre outras.

Da mesma forma, os agentes mostram a importância de uma área-chave dentro da área de Digitalização de Usuários, como o desenvolvimento e promoção do veículo elétrico.

Pelos resultados, destaca-se a baixa penetração tecnológica na região de digital twins ou de Realidade Aumentada e Virtual. Como mencionado nos capítulos anteriores, o digital Twin é uma tecnologia com um impacto muito positivo nas áreas-chave do desenvolvimento da transformação digital, desde a flexibilidade do sistema energético para incorporar mais renováveis, até o aumento da resiliência do sistema energético. Essa baixa penetração do Digital Twin ou da Realidade Aumentada, entre outros, se deve a um ainda baixo grau de maturidade digital na região, como pode ocorrer com casos de uso ligados à Inteligência Artificial ou à sensorização de infraestruturas, que ainda não foram contemplados em muitos dos países analisados.

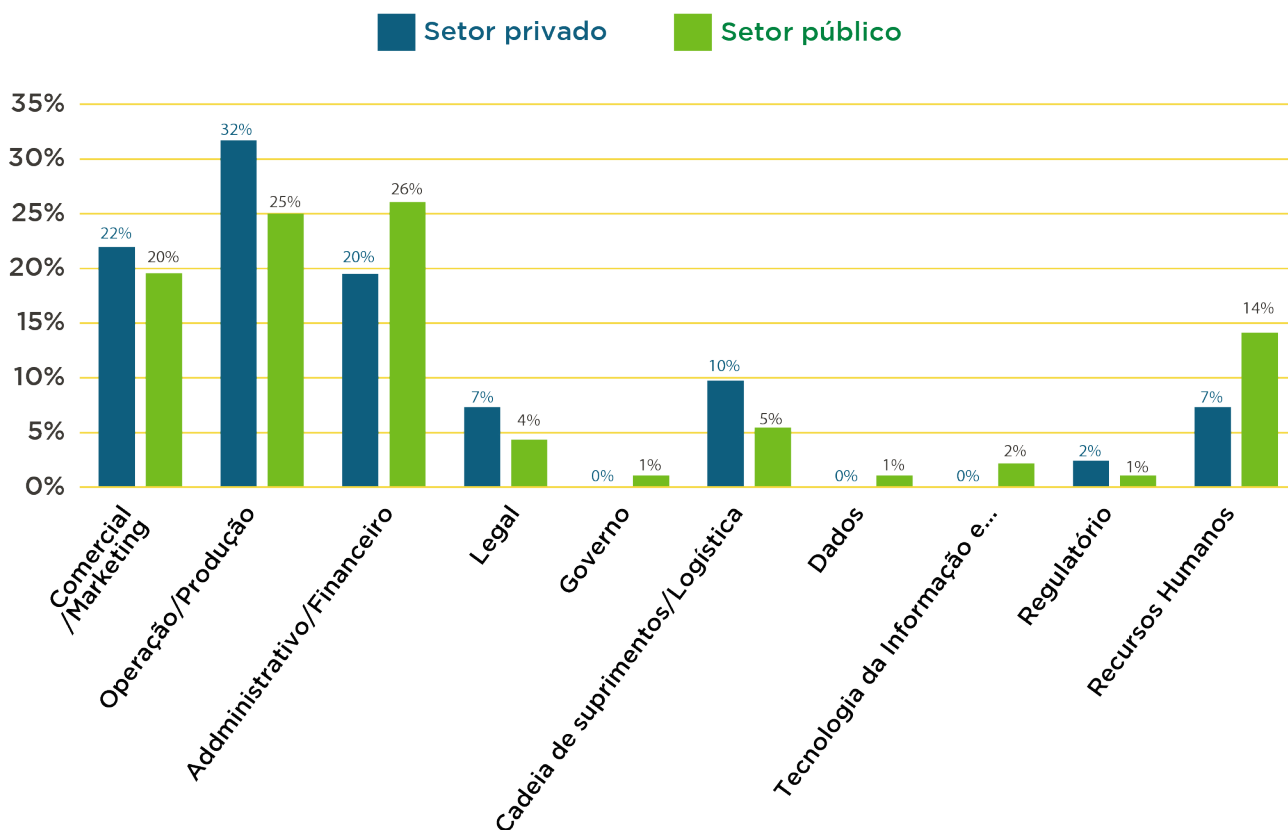
Em síntese, os agentes identificaram as seguintes tecnologias como relevantes para os próximos anos:

► **Tecnologias digitais emergentes planejadas para serem implementadas no futuro (3 anos) no setor energético**



Entre os resultados, destaca-se a importância das Smart Grids e Smart Homes. Essas são duas áreas-chave para avançar em direção à digitalização centrada no usuário, bem como para a incorporação de recursos de geração renovável descentralizada que contribuem para alcançar um sistema mais flexível. Além disso, outras tecnologias, como Blockchain ou Inteligência Artificial, adquirem interesse dos agentes para o futuro.

▶ Áreas de dedicação de recursos no processo de transformação digital das entidades consultadas

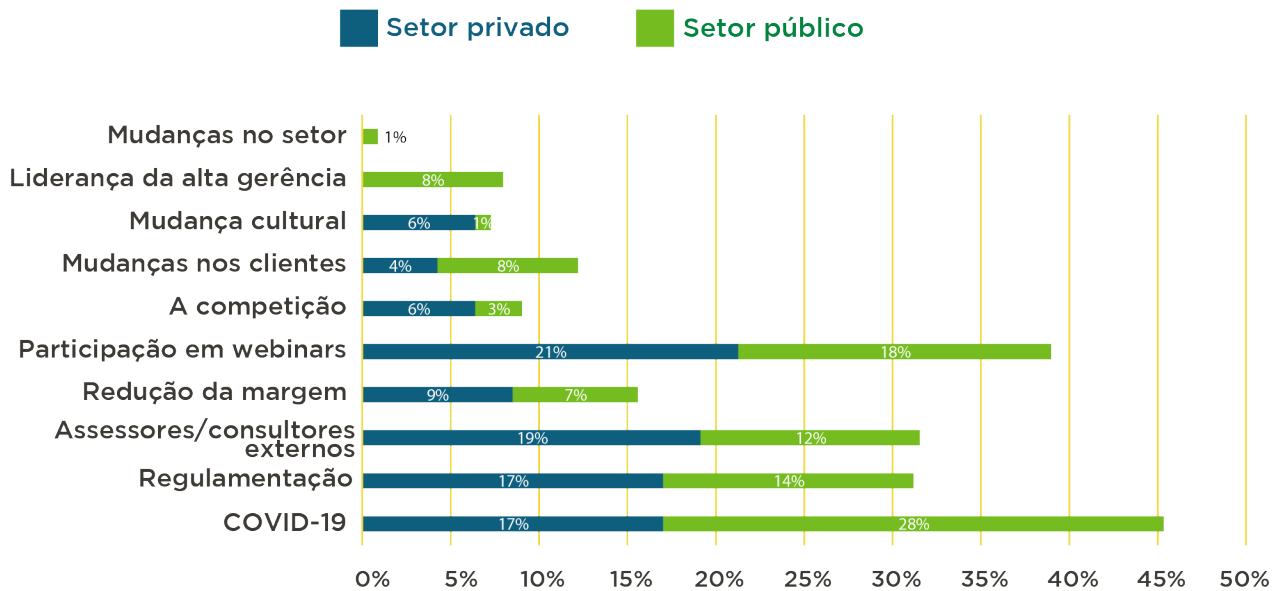


Como se pode observar, os resultados mostram que as áreas de maior dedicação ao processo transformacional são as áreas operacionais da atividade, ou seja, comercial, operacional/produção e administrativa/financeira. Esses altos percentuais indicam que as áreas com maior impacto na produtividade das empresas e nos consumidores são as que prevalecem no início do processo de transformação. Ao contrário, áreas mais tradicionais e com maior dificuldade na incorporação de tecnologias, como a esfera jurídica e governamental, combinam resultados baixos.

Impacto da transformação digital e barreiras identificadas

Os agentes foram questionados sobre quais aspectos consideram ter contribuído mais positivamente para o progresso de sua organização na transformação digital. A identificação desses aspectos permitirá que outros agentes da região concentrem suas atenções e esforços no processo. Os resultados obtidos com esta consulta foram os seguintes:

► Aspectos considerados mais positivos para o avanço das organizações na transformação digital

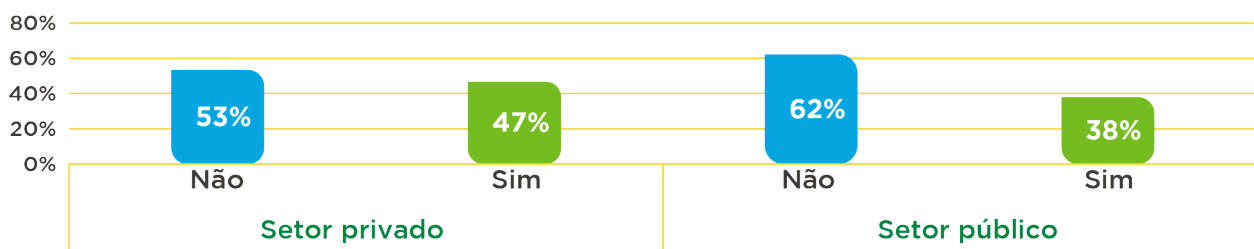


Vale ressaltar que, de forma geral, a pandemia da COVID-19 é considerada um marco acelerador da transformação digital. Isso, segundo entrevistas com agentes de fora da região, evidenciou a criticidade do setor energético para o restante das atividades econômicas.

Outros fatores importantes são as mudanças necessárias no setor e no ambiente de negócios. Isso reforça a necessidade de empreender uma transformação cultural do modelo de negócio que acompanha o processo de transformação digital.

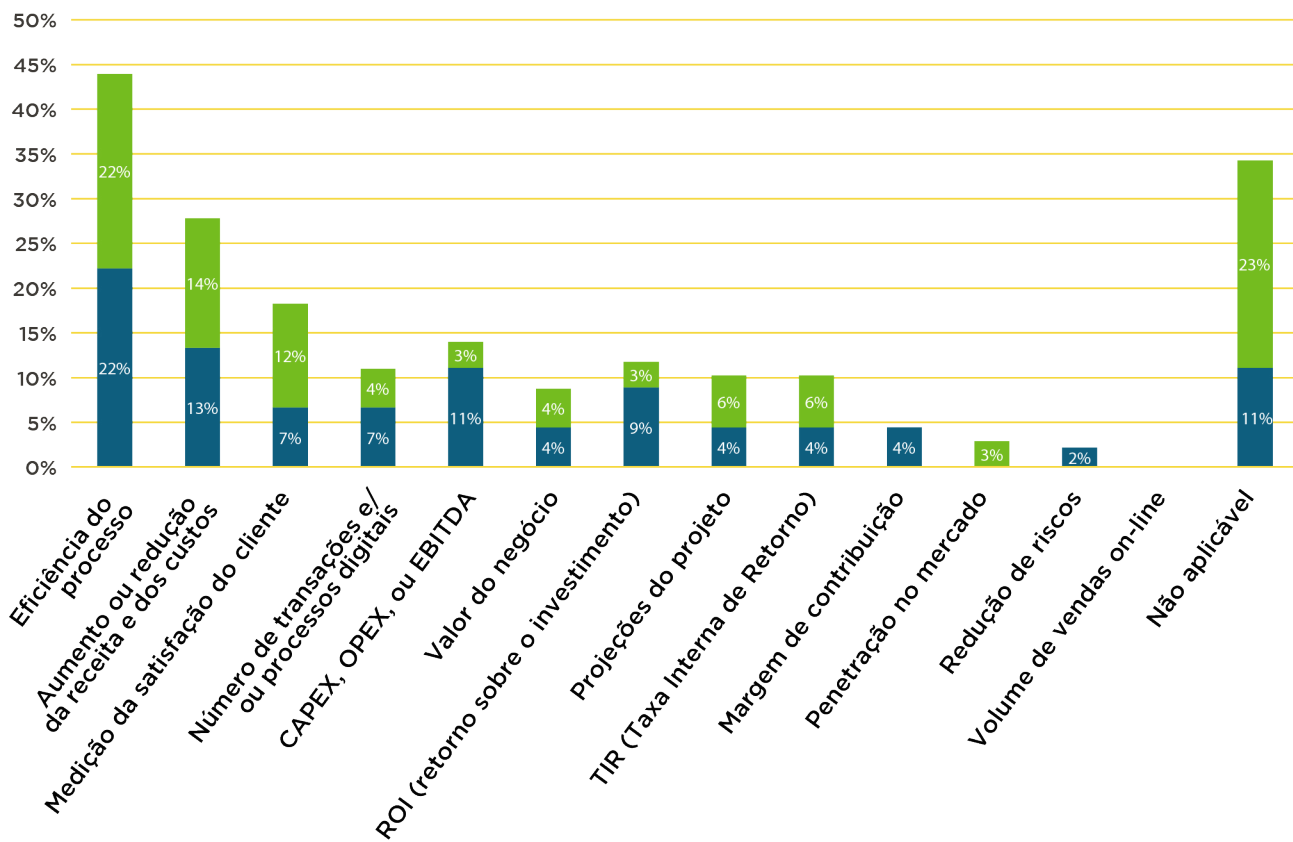
Nesse sentido, apenas 42% dos agentes confirmam ter quantificado o impacto dos investimentos que sua organização fez em transformação digital, aspecto identificado como muito relevante de acordo com as entrevistas realizadas com os agentes que atuam nos países de referência analisados:

► Quantificação do processo de transformação digital nas organizações pesquisadas



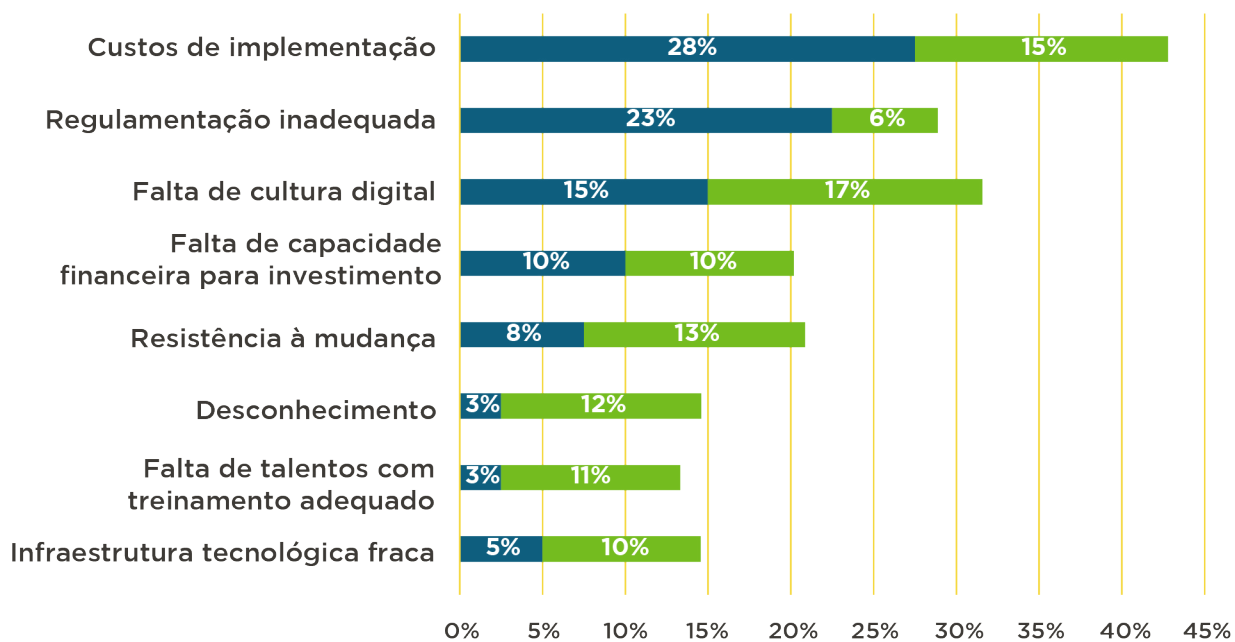
Entre os indicadores existentes para medir o impacto desses investimentos, destacam-se a eficiência nos processos (25%) e o aumento ou diminuição de receitas e custos (18%). Por outro lado, destaca-se o baixo nível de resposta em relação à Redução de Risco (1%):

► **Indicadores utilizados para medir o grau de avanço do processo de transformação digital nas organizações consultadas**



No que diz respeito às barreiras à transformação digital, a par dos custos de implementação (17%) e da falta de cultura digital (16%), os inquiridos destacam: (i) falta de capacidade financeira para realizar os investimentos necessários, (ii) resistência à mudança e (iii) desconhecimento do processo de transformação digital.

► **Barreiras identificadas pelas entidades inquiridas para levar a cabo o processo de transformação digital**











Um aspecto interessante é a falta de conhecimento não só sobre como empreender a transformação digital e os impactos positivos que ela pode gerar no setor de energia, mas também a quantificação dos benefícios que seriam obtidos com as implantações já feitas nas organizações.

Anexo B. Contatos mantidos com agentes públicos e privados do setor

A transformação digital do setor energético exige a colaboração conjunta de todos os atores, públicos e privados, para garantir o sucesso do processo. Por isso, todos devem estar alinhados e colaborar juntos para assumir os desafios que surgem durante esse processo transformacional.

É por isso que, no âmbito deste trabalho, têm sido realizados diferentes contatos, reuniões e entrevistas com diferentes agentes públicos e privados, que desenvolvem a sua atividade fora da região, de forma a conhecer os principais desafios e oportunidades, em torno da transformação digital, que as suas organizações estão a viver, e identificar os aspetos que consideram críticos para levar a cabo com sucesso este processo. Esses agentes pertencem aos países selecionados para o estudo bibliográfico de melhores práticas e foram divididos, de acordo com seu campo de atuação, nas seguintes categorias:

	 Atores privados	 Atores públicos	 Academia/ Centros de pesquisa	 Fabricantes
 Estados Unidos	✓	✓	✓	✓
 Espanha	✓	✓	—	✓
 Reino Unido	✓	✓	✓	—
 Portugal	✓	✓	—	—
 Itália	✓	✓	—	—
 Coreia Do Sul	✓	✓	—	✓

A informação e documentação destes agentes tem permitido identificar as principais áreas de interesse em relação à progressiva transformação digital do setor. O panorama dos contatos feitos é que a transformação digital do setor não é uma opção, ela abre um novo paradigma para o setor de energia, devendo considerar os seguintes aspectos:

- A transformação digital é a única alavanca para empreender com sucesso um plano de geração renovável tão ambicioso na matriz energética global e só será alcançada com a colaboração público-privada e a colaboração entre agentes privados do setor (fabricantes e utilities, por exemplo). Entende-se que não é possível atingir os objetivos definidos nos planos e compromissos de descarbonização sem uma estratégia clara na transformação digital do setor. Isso implica que todos os agentes presentes na cadeia de valor devem avançar em conjunto e um forte impulso de financiamento para reduzir prazos e viabilizar determinados investimentos.

- Por isso, o setor privado **exige dos agentes públicos um marco regulatório atualizado e estabilidade e segurança regulatória que permita o reconhecimento e a recuperação dos investimentos. Os agentes públicos (Reguladores) têm consciência de que têm um papel decisivo para apoiar a transformação digital do setor** e, para isso, estão realizando *sandboxes regulatórios*, de forma que as mudanças sejam feitas de forma gradual, sem a necessidade de colocar em risco grandes investimentos ou desenvolver regulações que não tenham um caminho de médio-longo prazo.
- **A base da transformação digital está associada a três áreas tecnológicas fundamentais: (i) sensorização para obtenção de dados; (ii) análise de dados por meio de Inteligência Artificial e algoritmos; e (iii) comunicações inteligentes e segurança (física e digital).**
- Nesse contexto, **os agentes consultados também reconhecem que também é necessário fazer uma mudança cultural na sociedade e nas organizações em relação ao processo de transformação digital, por se tratar de um processo tão disruptivo.** Para isso, reconhecem que é importante o envolvimento da alta administração nesse processo transformador, que promove uma mudança nas organizações. **Identificam igualmente a necessidade de investir na formação da mão-de-obra em novas competências digitais.**
- Da mesma forma, **identifica-se a necessidade de promover a formação acadêmica e profissional nas áreas digitais, para garantir a inovação e o desenvolvimento de novos produtos digitais que respondam às necessidades.**
- Da mesma forma, **destacam a necessidade de fortalecer e/ou manter a competitividade industrial nos novos produtos exigidos pelo setor**, especialmente com o risco representado a muitas empresas do setor ao se adaptarem e transitarem no processo de fabricação de produtos à base de ferro e cobre, para produtos digitais de hardware e software.
- **A implantação tecnológica deve ser acompanhada por desenvolvimentos resilientes em cibersegurança**, principalmente com base em padrões internacionais reconhecidos, **que garantam a integridade do sistema energético e dos dados coletados e processados vinculados aos consumidores.**

Anexo C. Formulário de pesquisa de agentes da ALC

Fundo

O Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) está realizando um estudo sobre o estado da transformação digital do setor de energia na América Latina e no Caribe, do ponto de vista dos quatro pilares atualmente básicos de desenvolvimento do setor: (i) digitalização centrada no usuário; ii) flexibilidade do sistema para a integração das energias renováveis; (iii) resiliência do sistema energético e (iv) cadeia de valor.

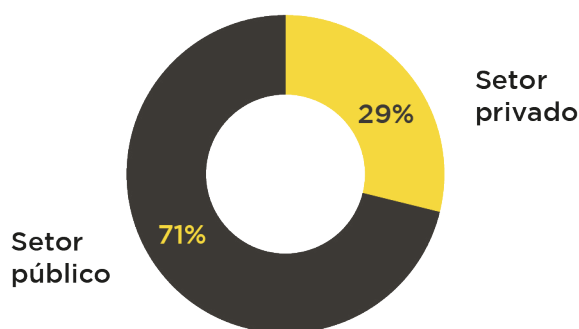
Nesse contexto, o BID considerou fundamental ter a visão e a perspectiva de futuro dos principais agentes envolvidos ao longo da cadeia de valor, com o objetivo de conhecer em primeira mão, tanto pelo setor público quanto pelo privado, os potenciais avanços em termos de transformação digital em diferentes países da região.

Nesse sentido, a visão dos principais agentes será de interesse para identificar o estado atual do processo de modernização do setor energético na região, identificando barreiras, oportunidades e potenciais cursos de ação que promovam a transformação digital por meio da colaboração e cooperação público-privada.

Perfil dos agentes pesquisados

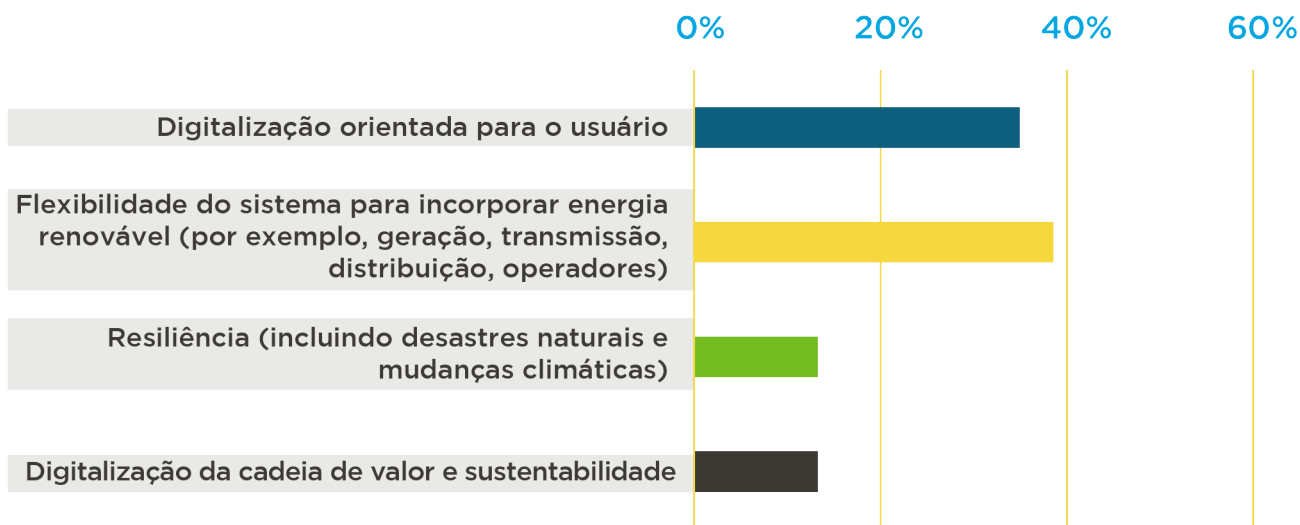
Como acima referido, a elaboração do roteiro de transformação digital para a região incluiu a consulta sobre a visão sobre a transformação digital na área da energia, por parte de agentes públicos e privados que exercem a sua atividade na cadeia de valor do setor energético na região. Para tanto, foi realizada uma análise com base nos resultados de uma pesquisa com 52 representantes públicos (agentes e instituições) e representantes privados da região. Os levantamentos citados foram realizados entre os meses de julho e agosto de 2023. Do mesmo modo, o questionário utilizado para os inquéritos encontra-se a seguir no presente anexo. Na figura a seguir, é possível ver a desagregação dos participantes da pesquisa por área de desenvolvimento de sua atividade dentro do setor:

► Quantidade de agentes pesquisados por ramo de atuação



Da mesma forma, o inquérito tem sido dirigido a entidades e empresas que estão enquadradas em diferentes áreas-chave do setor energético, de forma a dar uma visão transversal das necessidades do setor.

► **Principais áreas de transformação digital em que os agentes inquiridos desenvolvem a sua atividade**



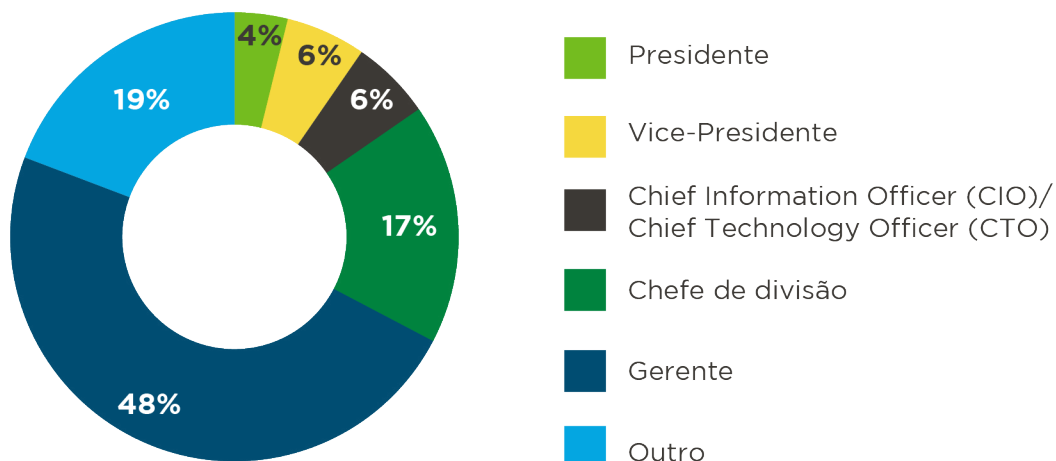
Da mesma forma, para não termos uma visão enviesada de uma determinada dimensão das entidades consultadas, procedemos ao contacto com agentes pertencentes a organizações com um volume diferente de colaboradores. Na tabela a seguir, é possível ver a categorização das entidades consultadas de acordo com o número de funcionários:

► **Dimensão das entidades a que pertencem os agentes (por número de colaboradores)**

Empregados	Setor privado	Setor público
1-50	27%	16%
51-500	20%	24%
501-1,000	27%	27%
Mais de 1,000	227%	32%

Por outro lado, a pesquisa foi dirigida a (i) Presidentes de entidades públicas ou privadas; (ii) outros cargos de Direção de entidades públicas ou privadas; (iii) Chief Information Officer (CIO) / Chief Technology Officer (CTO); (iv) Chefes de Divisão; (v) Gerentes; e (vi) Outros agentes de interesse. O resultado das respostas de acordo com o nível profissional foi o seguinte:

► Categoria profissional dos agentes consultados



Formulário de pesquisa

Transformação digital no setor de energia na América Latina e Caribe

1. País

Argentina

Bahamas

Barbados

Bolívia

Brasil

Chile

Colômbia

Costa Rica

Ecuador

El Salvador

Guatemala

Honduras

Jamaica

México

Panamá

Paraguai

República Dominicana

República do Suriname

Trinidad e Tobago

Uruguai

2. Que tipo de organização é?

Pública

Privada

3. Em que subsetor da digitalização do setor de energia sua organização atua principalmente?

Digitalização orientada para o usuário

Flexibilidade do sistema para incorporar energia renovável (por exemplo, geração, transmissão, distribuição, operadores)

Resiliência (incluindo desastres naturais e mudanças climáticas)

Digitalização da cadeia de valor e sustentabilidade

4. Quantos funcionários sua organização tem?

1-50

51-500

501-1.000

Mais de 1.000

5. Qual é sua função na organização?

Presidente

Vice-presidente

Chief Information Officer (CIO)/Chief Technology Officer (CTO)

Gerente

Chefe de Divisão

Outro

6. Até o momento, o quanto você acha que sua organização progrediu na transformação digital?

Nada

A conscientização está aumentando

Os primeiros pilotos já foram desenvolvidos

Estamos no processo de implementação com um plano estabelecido

Já possui uma adoção avançada

7. Sua organização tem uma estratégia de transformação digital?

Sim

Não

8. Em que áreas sua organização tem aplicado a transformação digital? Marque todas as opções aplicáveis.

Administrativo/Financeiro

Comercial/Marketing

Legal

Operação/Produção

Recursos humanos

Cadeia de suprimentos/Logística

Outro

9. Como você percebe o progresso da sua organização em questões de transformação digital em comparação com a média do seu setor na América Latina e no Caribe?

Muito atrás	Adiante
Atrás	Muito à frente
Na média	

10. Como você percebe o progresso de sua organização em questões de transformação digital em relação aos principais países do mundo?

Muito atrás	Adiante
Atrás	Muito à frente
Na média	

11. Quais são os objetivos de investimento para a transformação digital na sua organização? Marque todas as opções aplicáveis.

Automatizar processos	Aumentar o poder da marca
Reduzir custos	Contribuir para as metas ambientais
Aumentar a presença on-line	Melhorar a segurança
Entrar em outros setores	Outro
Obter fontes adicionais de renda	

12. Quais das seguintes tecnologias você tem usado em sua organização? Marque todas as opções aplicáveis.

Omnichannel	Realidade Aumentada/Realidade Virtual
Computação em nuvem / Segurança cibernética	Blockchain
Análise de dados / Big data	Impressão 3D/4D
Aprendizado de máquina (Machine learning)	Veículos autônomos
Internet das coisas / Sensores / AMI	Veículos elétricos
Inteligência Artificial Aplicada	Edge computing
Automação robótica de processos (RPA)	Rede inteligente / Edifícios inteligentes
Drone	Digital Twins
Modelagem de informações de construção (BIM)	Outro

13. Considerando um horizonte de até três (3) anos, a transformação digital deve ser implementada principalmente em quais áreas de sua organização? Marque todas as opções aplicáveis.

Processos internos da organização	Gestão de Talentos e Recursos Humanos
Inovação em produtos e serviços	Colaboração entre empresas/terceiros
Relacionamento com os Clientes	Proteção e segurança
Novos modelos de negócios e fluxo de receita	Todas as opções acima
Novos canais de distribuição	Outro

14. Considerando um horizonte de até três (3) anos, quais das seguintes tecnologias você acredita que devem ser implementadas em sua organização? Marque todas as opções aplicáveis.

Omnichannel	Realidade Aumentada/Realidade Virtual
Computação em nuvem / Segurança cibernética	Blockchain
Análise de dados / Big data	Impressão 3D/4D
Aprendizado de máquina (Machine learning)	Veículos autônomos
Internet das coisas / Sensores / AMI	Veículos elétricos
Inteligência Artificial Aplicada	Edge computing
Automação robótica de processos (RPA)	Rede inteligente / Edifícios inteligentes
Drone	Digital Twins
Modelagem de informações de construção (BIM)	Outro

15. Quais foram os aspectos que mais contribuíram positivamente para o avanço de sua organização na transformação digital? Marque todas as opções aplicáveis.

COVID-19	A competição
Liderança da alta gerência	Participação em webinars
Mudança cultural	Redução de margem
Mudanças nos clientes	Assessores/consultores externos
Mudanças no setor	Outro

16. Você já quantificou o impacto dos investimentos que sua organização fez na transformação digital?

Sim

Não

17. Se sim, quais indicadores você usou para medir o impacto desses investimentos? Marque todas as opções aplicáveis.

Aumento ou diminuição das receitas e dos custos

Medição da satisfação do cliente

Eficiência do processo

Margem de contribuição

ROI (Retorno sobre o Investimento)

Valor do Negócio

Projeções do projeto

TIR (Taxa Interna de Retorno)

Volume de vendas on-line

Penetração no mercado

Número de transações e/ou processos digitais

Não aplicável

CAPEX, OPEX ou EBITDA

Outro

18. Que restrições/limitações você encontrou para avançar na transformação digital de sua organização? Marque todas as opções aplicáveis.

Custos de implementação

Falta de talentos com treinamento adequado

Falta de cultura digital

Regulamentação inadequada

Desconhecimento

Resistência à mudança

Falta de capacidade financeira para investimento

Infraestrutura tecnológica fraca

Falta de um modelo de negócio claro

Outro

19. Indique quaisquer observações que considere necessárias para o desenvolvimento tecnológico em sua área ou setor (opcional)

20. Gostaria de ser contatado posteriormente, quando tivermos os resultados do estudo?

Sim (neste caso, forneça seus dados de contato abaixo)

Não

Bibliografía

- Acciona Energía. (2022). "ACCIONA Energía y el Centro de Innovación de la Universidad Católica firman una alianza estratégica para acelerar la innovación en proyectos de energía renovable". https://www.acciona.cl/actualidad/noticias/acciona-energia-centro-innovacion-universidad-catolica-firman-alianza-estrategica-acelerar-innovacion-proyectos-energia-renovable/?_adin=02021864894
- ACERA. (2023). *Boletín de Estadísticas*.
- ADELAT. (2022). *La distribución de energía en tiempo de cambios*. <https://adelat.com/wp-content/uploads/2023/05/La-Distribucion-de-Energia-Elctrica-en-tiempos-de-cambios-1.pdf>
- Agência Nacional de Energia Elétrica . (2021). *Dispõe sobre a política de segurança cibernética a ser adotada pelos agentes do setor de energia elétrica*. <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2021964.html>
- Agenzia per la Cybersicurezza Nazionale. (2022). *Piano di Implementazione Strategia Nazionale di Cybersicurezza 2022-2026*. <https://www.acn.gov.it/strategia/strategia-nazionale-cybersicurezza>
- American Meteorological Society. (2023). *Surface Solar Extremes in the Most Irradiated Region on Earth, Altiplano*. https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/104/6/BAMS-D-22-0215.1.xml?tab_body=pdf
- Americas Market Intelligence. (2022). *The Road to Net Zero in Latin America*. https://americasmi.com/pdfs_landings/The_Road_to_Net_Zero_EN_08.pdf
- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz. (2022). *Ventas de vehículos híbridos y eléctricos*. <https://www.amia.com.mx/ventas-de-vehiculos-hibridos-y-electricos/>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2018). *Big data y cambio climático - Conexión Intal*. <https://conexionintal.iadb.org/2018/07/27/ideas3-2/>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2018a). *Conectando los puntos: Una hoja de ruta para una mejor integración de América Latina y el Caribe*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Conectando-los-puntos-Una-hoja-de-ruta-para-una-mejor-integracion-de-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). *Análisis de tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe*. https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/An%C3%A1lisis_de_tecnolog%C3%ADa_industria_y_mercado_para_veh%C3%ADculos_el%C3%A9ctricos_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_es_es.pdf
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). *Promoviendo las transiciones energéticas justas e inclusivas*. <https://blogs.iadb.org/energia/es/promoviendo-las-transiciones-energeticas-justas-e-inclusivas/>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2022a). *Guía de Transformación Digital del Gobierno*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Guia-de-transformacion-digital-del-gobierno.pdf>
<https://adelat.com/wp-content/uploads/2023/05/La-Medicion-Inteligente-en-America-Latina-y-el-Caribe-Recomendaciones-regulatorias-para-incentivar-el-despliegue-de-la-medicion-inteligente-a-nivel-nacional.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2023a). "Conocimiento de exportación: ¿cuáles son las perspectivas para América Latina y el Caribe?". <https://blogs.iadb.org/integracion-comercio/es/conocimiento-de-exportacion-cuales-son-las-perspectivas-para-america-latina-y-el-caribe/>
<https://www.bloomberg.com/press-releases/2022-06-27/-422-37-billion-global-artificial-intelligence-ai-market-size-likely-to-grow-at-39-4-cagr-during-2022-2028-industry>
- Cabinet Office UK Government. (2022). *Government Cyber Security Strategy 2022-2030. Building a cyber resilient public sector*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1049825/government-cyber-security-strategy.pdf
<https://www.cdbb.cam.ac.uk/what-we-did/national-digital-twin-programme>
- CARILEC. (2023). *Guyana's energy market: a rising star in the Caribbean*. <https://www.carilec.org/guianas-energy-market-a-rising-star-in-the-caribbean/>
- Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (2021). *Cyber-Attack Against Ukrainian Critical Infrastructure*. <https://www.cisa.gov/news-events/ics-alerts/ir-alert-h-16-056-01>
- CIGRE Chile. (2020). *Plan Nacional de Ciberseguridad para el sector eléctrico 2021-2023*. <https://www.cigre.cl/pdf/PDC/PlanDirector-Ciberseguridad-CIGRE-ES.pdf>
- CISCO. (2023). *La digitalización llega a las redes eléctricas*. <https://news-blogs.cisco.com/emea/es/2023/07/03/la-digitalizacion-llega-a-las-redes-electricas/>

Comisión de Transportes y Telecomunicaciones del Senado de Chile. (2023). *Estrategia de transformación digital: Chile Digital 2035*. <https://hdl.handle.net/11362/49067>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2021). *Tecnologías Digitales para un nuevo futuro. Tecnologías Digitales para un Nuevo Futuro*: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46816/1/S2000961_es.pdf

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2022). *Tendencias en materia de digitalización del sector eléctrico*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48104/1/S2200593_es.pdf

Comisión Europea. (2009). *Recomendación de la Comisión, de 9 de octubre de 2009, relativa a la movilización de las tecnologías de la información y la comunicación para facilitar la transición a una economía de alta eficiencia energética y bajo nivel de emisión de carbono*. <https://www.boe.es/doue/2013/051/L00018-00022.pdf>

Comisión Federal de Electricidad. (2023). “CFE, lista para la temporada de huracanes 2023”. <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/OTROS/Boletines/boletin?i=4861>

Comisión Nacional de Energía (CNE). (2022). *Distributed renewable energy and the digital transformation of energy systems*. <https://www.iea.org/events/distributed-renewable-energy-and-the-digital-transformation-of-energy-systems-challenges-and-opportunities-for-latin-america>

Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. (2020). *Acuerdo por el que se emite informe sobre el seguimiento del plan de sustitución de contadores*. https://www.cnmec.es/sites/default/files/3002675_0.pdf

Comité Interamericano contra el Terrorismo. (s.f.). *Programa de Ciberseguridad*. <https://www.oas.org/es/sms/cicte/prog-ciberseguridad.asp>

Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres Naturales o Provocados. (2022). *Plan Nacional de Respuesta*. <https://conred.gob.gt/wp-content/uploads/Plan-Nacional-de-Respuesta.pdf>

Datos Macro. (2021). *Bahamas - Generación de electricidad*. <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-generacion/bahamas>

Deloitte. (2023). *Tech Trends 2023 - Informe anual de Tendencias Tecnológicas de Deloitte*. <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/tech-trends.html>

Deloitte Chile. (2021). *Las 10 tendencias en ciberseguridad que marcarán el 2021*. <https://www2.deloitte.com/cl/es/pages/risk/articles/diez-tendencias-ciberseguridad-2021.html>

Deloitte Chile, Fortinet. (2020). *Ciberseguridad en el sector eléctrico - Amenazas para sistemas TI y OT*. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pe/Documents/risk/cl-ciberseguridad-en-el-sector-electrico-diciembre-2020.pdf>

Digital Twin Hub. (2023). *Climate Resilience Demonstrator (CReDo) - Increasing climate resilience through cross-sector data sharing in a connected digital twin*. <https://digitaltwinhub.co.uk/media/climate-resilience-demonstrator-credo/credo-increasing-climate-resilience-through-cross-sector-data-sharing-in-a-connected-digital-twin-r114/>
<https://www.endesa.com/content/dam/enel-es/home/inversores/registros oficiales/hechosrelevantes/documentos/2022/estado-de-informacion-no-financiera-y-sostenibilidad-2022.pdf>

Endesa. (2023). *Helicópteros, drones y una batería de dispositivos tecnológicos para proteger los bosques*. <https://www.endesa.com/es/prensa/sala-de-prensa/noticias/transicion-energetica/redes-inteligentes/helicopteros-drones-bateria-dispositivos-tecnologicos-para-proteger-bosques>

Enel Green Power. (2022). *Paneles solares más eficientes: las soluciones basadas en la naturaleza son las más innovadoras*. <https://www.enelgreenpower.com/es/historias/articulos/2022/09/eficiencia-paneles-solares-soluciones-innovadoras>

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (2020). *Balanço da implementação das redes inteligentes em 31.DEZ.2020*. <https://www.erse.pt/media/thrgy4q5/balancoredesinteligentes2020.pdf>

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (2020a). *Aprovação de Projeto-Piloto ao Abrigo do Artigo 22.º do Regulamento dos Serviços das Redes Inteligentes - Utilização dos Dados de Qualidade de Serviço Técnica Recolhidos*. https://www.erse.pt/media/fqjpl2id/projeto-piloto_emi_qs.pdf
<https://www.eurelectric.org/stories/electrification/smart-meter-vision/>

European Commission. (2014). *Benchmarking smart metering deployment in the EU-27*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014SC0188>

European Commission. (December de 2022). *REPowerEU: New industrial Alliance to boost the EU's solar power and energy security | Press Release*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_7617

European Commission. (2022a). *Smart cities: Cities using technological solutions to improve the management and efficiency of the urban environment*. https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en

European Commission. (2023). *Potencia renovable instalada prevista para 2030* (Spain Draft Updated NECP 2021-2030). https://commission.europa.eu/publications/spain-draft-updated-necp-2021-2030_en

European Commission. (2023a). *Potencia renovable instalada prevista para 2030* (Italy Draft Updated NECP 2021-2030). <https://commission.europa.eu/system/files/2023-07/ITALY%20-%20DRAFT%20UPDATED%20NECP%202021%202030%20%281%29.pdf>

European Commission. (2023b). *Potencia renovable instalada actual y prevista para 2030* (Portugal Draft Updated NECP 2021-2030). https://commission.europa.eu/system/files/2023-07/EN_PORTUGAL%20DRAFT%20UPDATED%20NECP.pdf

Forbes. (2020). *Neu Energy: Energía limpia con disrupción*. <https://forbes.co/2020/11/06/emprendedores/top-100-neu-energia-limpia-con-disrupcion>

Futured. (2020). *Visión Futured 2050*. http://www.futured.es/wp-content/uploads/2020/06/20200626_libro-Vision-FUTURED-hacia-2050.pdf

General Electric Digital. (2023). *Predix Platform*. <https://www.ge.com/digital/iiot-platform>

Global Energy Monitor. (2023). *Una carrera hacia la cima - América Latina*. <https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2023/03/GEM-LATAM-report-Spanish.pdf>

GlobalData. (2021). *UK Expected renewable power capacity 2030*. <https://www.globaldata.com/media/power/increasing-investment-wind-power-lead-uks-transition-thermal-power-renewables-says-globaldata/>

Gobierno de España. (2021). *El Gobierno destina 525 millones a digitalizar las redes de distribución e impulsar la recarga de vehículos eléctricos en la vía pública*. <https://planderecuperacion.gob.es/noticias/el-gobierno-destina-525-millones-a-digitalizar-las-redes-de-distribucion-e-impulsar-la-recarga>

Gobierno de la República Argentina. (2017). *Estrategia Nacional de Ciberseguridad de la República Argentina*. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/infoleg/res829-01.pdf>
<https://www.italiadomani.gov.it/it/home.html>

Hub de energía. (2021). *Balance energético e infraestructura - Oferta y demanda de electricidad*. <https://hubenergia.org/es/indicadores/oferta-y-demanda-de-electricidad>

Hub de Energía. (2022). *Acceso al servicio de electricidad*. <https://hubenergia.org/index.php/es/indicadores/acceso-al-servicio-de-electricidad>
<https://hugoenergyapp.co.uk/>

Iberdrola. (2023). *¿Cómo puede el 'blockchain' acreditar el origen de la energía verde?* <https://www.iberdrola.com/innovacion/blockchain-energia#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20puede%20el%20'blockchain',origen%20de%20la%20energ%C3%ADa%20verde%3F&text=El%20grupo%20Iberdrola%20ha%20puesto,y%20consume%20es%20100%20%25%20renovable>

IBM. (2022). *Repsol crea junto a IBM una nueva solución de ciberseguridad para sus activos tecnológicos*. <https://es.newsroom.ibm.com/announcements?item=122758>

IEBS Business School. (2021). *“Los costes de los ciberataques en lo que va de año ascienden a los 6.000 billones de euros”*. <https://www.iebschool.com/saladeprensa/2021/11/19/los-costes-los-ciberataques-lo-va-ano-ascienden-los-6-000-billones-euros/>

International Energy Agency. (2017). *Digitalization and Energy*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/b1e6600c-4e40-4d9c-809d-1d1724c763d5/DigitalizationandEnergy3.pdf>

International Energy Agency. (2020). *Data centres and data transmission networks: Activity*. <https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks>
https://iea.blob.core.windows.net/assets/90602336-71d1-4ea9-8d4f-efeeb24471f6/Korea_2020_Energy_Policy_Review.pdf

International Energy Agency. (2021). *Korean New Deal - Digital New Deal, Green New Deal and Stronger Safety Net*. <https://www.iea.org/policies/11514-korean-new-deal-digital-new-deal-green-new-deal-and-stronger-safety-net>

International Energy Agency. (2021a). *Portugal 2021 Energy Policy Review*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a58d6151-7f5f-4cd7-891e-6b06540ce01f/Portugal2021EnergyPolicyReview.pdf>

International Energy Agency. (2023). *Digitalisation: Technology deployment*. <https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers/digitalisation>

International Energy Agency. (2023b). *Italy 2023 Energy Policy Review*. https://iea.blob.core.windows.net/assets/71b328b3-3e5b-4c04-8a22-3ead575b3a9a/Italy_2023_EnergyPolicyReview.pdf

International Energy Agency. (2023a). *Digitalisation: Tracking digitalisation*. <https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers/digitalisation>

International Renewable Energy Agency. (2013). *Smart grids and renewables - A guide for Effective Deployment*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2013/smart_grids.pdf?rev=549ace9985fd454d8ba0329dac64922d

International Renewable Energy Agency. (2016). *Análisis del Mercado de Energías Renovables: América Latina. Resumen Ejecutivo*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Market_Analysis_Latin_America_summary_ES_2016.pdf?la=en&hash=91515195FAA6AAF26969178D5D811456B7C3814D
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_REMap_2016_edition_report.ashx

International Renewable Energy Agency. (2018). *Power system flexibility for the energy transition*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Nov/IRENA_Power_system_flexibility_1_2018.pdf

International Renewable Energy Agency. (2020). *Costos de generación de energía renovable en 2020 - Resumen Ejecutivo*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2020_Summary_ES.pdf

International Renewable Energy Agency. (2022). *Italy Energy Profile*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/Europe/Italy_Europe_RE_SP.pdf

International Renewable Energy Agency. (2022a). *Republic of Korea Energy Profile*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/Asia/Republic%20of%20Korea_Asia_RE_SP.pdf
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/Europe/Spain_Europe_RE_SP.pdf

International Renewable Energy Agency. (2022d). *United States of America Energy Profile*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/North-America/United-States-of-America_North-America_RE_SP.pdf?rev=73d666d5783d467385d16c03c818473d
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/Europe/Portugal_Europe_RE_SP.pdf

International Renewable Energy Agency. (2023). *Unlocking Smart Grid Opportunities in Emerging Markets and Developing Economies*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/0b8c1500-2b02-4aaf-9072-90d88ae1e66c/UnlockingSmartGridOpportunitiesinEmergingMarketsandDevelopingEconomies.pdf>

International Renewable Energy Agency. (2022c). *United Kingdom Energy Profile*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/Europe/United-Kingdom_Europe_RE_SP.pdf?rev=43ec3aaa082d46b09f99a782f0576eb7
<https://www.trade.gov/country-commercial-guides/haiti-energy>

Joint Research Centre. (2023). *European Energy Efficiency Platform*. <https://e3p.jrc.ec.europa.eu/>

KEPCO. (2017). *Contributing to customer service improvement and rational use of electricity according to the spread of AMI*. https://www.kepri.re.kr:20808/board/news_data/729
https://home.kepco.co.kr/kepco/front/html/WZ/2018_09_10/sub12.html

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Softex. (2022). *Indústria de Software e Serviços de TIC no Brasil*. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2022/07/relatorio-do-mcti-aponta-que-industria-de-software-e-servicos-de-tic-cresceu-6-5-no-brasil-em-2021>

Ministerio de Energía de Chile. (2021). *Acceso Equitativo a la Energía Sostenible - Políticas públicas para combatir la pobreza energética en Chile*. <https://energia.gob.cl/sites/default/files/accesoequitativoenergiasostenible.pdf>

Ministerio de Energía de Chile. (2021a). *Estrategia Nacional de Electromovilidad*. <https://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/3773>

Ministerio de Interior y Seguridad Pública Gobierno de Chile. (2017). *Política Nacional de Ciberseguridad 2017-2022*. https://cms-dgd-prod.s3-us-west-2.amazonaws.com/uploads/pdf/Politica_Nacional_de_Ciberseguridad_2017.pdf?

Ministerio del Interior y Seguridad Pública Gobierno de Chile. (2020). *Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres - Plan Estratégico Nacional 2020-2030*. <https://emergenciaydesastres.mineduc.cl/wp-content/uploads/2021/04/POLITICA-NACIONALGESTIO%CC%81N-REDUCCIO%CC%81N-DEL-RIESGO-DE-DESASTRES-2020-2030.pdf>

Naciones Unidas. (2022). *Litio en América Latina*. <https://www.undp.org/es/latin-america/blog/graph-for-thought/lithium-latin-america-new-quest-el-dorado>

NVIDIA. (2022). *Siemens y NVIDIA se asocian para habilitar gemelos digitales en directo*. <https://www.nvidia.com/es-es/omniverse/digital-twins/siemens/>

OECD. (s.f.). *US Partnership for Energy Sector Climate Resilience*. <https://www.oecd.org/governance/toolkit-on-risk-governance/goodpractices/page/uspartnershipforenergysectorclimateresilience.htm>

OFGEM. (2023). *Regulatory Sandbox: Emergent Energy Systems Ltd - 2023*. <https://www.ofgem.gov.uk/publications/regulatory-sandbox-emergent-energy-systems-ltd-2023>
<https://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2021-2/>

Organisation for Economic Cooperation and Development. (2018). *Policy perspectives Climate-resilient infrastructure*. <https://www.oecd.org/environment/cc/policy-perspectives-climate-resilient-infrastructure.pdf>

Organización Latinoamericana de la Energía. (2023). *Estrategia para una América Latina y el Caribe más renovable*. https://www.olade.org/wp-content/uploads/2023/03/Estrategia-para-una-America-Latina-y-el-Caibe-mas-renovable_VF.pdf

Organización Meteorológica Mundial. (2021). *Atlas de la OMM sobre mortalidad y pérdidas económicas debidas a fenómenos meteorológicos, climáticos e hidrológicos extremos (1970-2019)*. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10992

Organización Meteorológica Mundial. (2023). *Estado del clima en América Latina y el Caribe 2022*. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11702

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2021). *Latin American Economic Outlook 2021: Working Together for a Better Recovery*. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/91aef103-en/index.html?itemId=/content/component/91aef103-en>

Presidência do Conselho de Ministros. (2019). *Resolução do Conselho de Ministros n.º 92/2019, de 5 de junho - Aprova a Estratégia Nacional de Segurança do Ciberespaço 2019-2023*. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/92-2019-122498962>
<https://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema-electrico/centro-de-control-de-energias-renovables>

Red Eléctrica de España. (2023). *Potencia instalada - Información elaborada con datos provisionales a enero del 2023*. <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico/generacion/potencia-instalada>

Repsol. (2023). *Las ciudades inteligentes son ya una realidad*. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/smart-cities/index.cshtml#:~:text=Una%20smart%20city%20es%20aquella,de%20vida%20de%20sus%20ciudadanos>

South Korean Ministry of Science and ICT. (2019). *National Cybersecurity Strategy*. <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&bbsSeqNo=68&nttSeqNo=1735913>

South Korean Ministry of Trade, Industry and Energy. (2018). *Expected renewable installed capacity - Korea's Renewable Energy 3020 Plan*. <https://gggi.org/site/assets/uploads/2018/10/Presentation-by-Mr.-Kyung-ho-Lee-Director-of-the-New-and-Renewable-Energy-Policy-Division-MOTIE.pdf>

Telefónica, S. (2022). *Qué es la transformación digital y cuáles son sus ventajas*. <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/blog/que-es-la-transformacion-digital-y-cuales-son-sus-ventajas/>

TelefónicaTech. (2019). *“Modelos predictivos: ¿cómo prevenir catástrofes naturales?”*. <https://telefonicatech.com/blog/modelos-predictivos-como-prevenir-catastrofes-naturales#:~:text=A%20nivel%20global%2C%20los%20desastres,cobran%20la%20vida%20de%20miles>

TelefónicaTech. (2022). *Qué es Edge Computing, explicado de manera sencilla*. [https://telefonicatech.com/blog/edge-computing-que-es#:~:text=La%20mejor%20definici%C3%B3n%20para%20entender,en%20ingl%C3%A9s\)%20de%20la%20red.](https://telefonicatech.com/blog/edge-computing-que-es#:~:text=La%20mejor%20definici%C3%B3n%20para%20entender,en%20ingl%C3%A9s)%20de%20la%20red.)

TERNA. (2022). *Potencia instalada renovable (GW) en Italia*. <https://www.terna.it/en/electric-system/transparency-report/installed-capacity>

Tesla. (2023). *Software Tesla Energy*. https://www.tesla.com/es_es/support/energy/tesla-software

The Global ESCO Network. (2023). *ESCO associations*. <https://globalesconetwork.unepccc.org/esco-associations/>
<https://wdr2021.worldbank.org/spotlights/datas-carbon-footprint/>

Transactive Energy Colombia. (s.f.). *Peer-to-Peer: El primer piloto de intercambio de energía entre pares en Colombia*. <https://www.transactive-energy.co/peer-to-peer/>

U.S. Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (2021). *2015 Cyber-Attack Against Ukrainian Critical Infrastructure*. <https://www.cisa.gov/news-events/ics-alerts/ir-alert-h-16-056-01>

U.S. Department of Energy. (2022). *Federal financing tools by the Grid Deployment Office*. <https://www.energy.gov/gdo/federal-financing-tools>

- U.S. Department of Energy - National Renewable Energy Laboratory. (2023). *National Cybersecurity Strategy*. <https://www.nrel.gov/innovate/cybersecurity-accelerator.html>
- U.S. Department of Energy. (2022a). *Recovery Act: Smart Grid Investment Grant Program*. https://www.smartgrid.gov/recovery_act/overview/smart_grid_investment_grant_program.html
- U.S. Energy Information Administration. (2022). *Electricity generation, capacity, and sales in the United States*. <https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/electricity-in-the-us-generation-capacity-and-sales.php#:~:text=At%20the%20end%20of%202022,solar%20photovoltaic%20electricity%2Dgeneration%20capacity.https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=108&t=1>
- U.S. Energy Information Administration. (2023). *Annual Energy Outlook 2023*. <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser/#/?id=16-AEO2023®ion=0-0&cases=ref2023&start=2021&end=2030&f=A&linechart=ref2023-d020623a.4-16-AEO2023&map=&sourcekey=0>
- UK Department for Energy Security and Net Zero. (2021). *Digitalising our energy system for net zero*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1004011/energy-digitalisation-strategy.pdf
- UK Department for Energy Security and Net Zero. (2022). *Smart Meter System based Internet of Things applications programme*. <https://www.gov.uk/government/publications/smart-meter-system-based-internet-of-things-applications-programme>
- UK Department for Energy Security and Net Zero. (2023). *Smart Meter Statistics in Great Britain: Quarterly Report to end March 2023*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1159350/Q1_2023_Smart_Meters_Statistics_Report.pdf
- UK Department for Energy Security and Net Zero. (2023a). *UK Installed capacity 2023 - Energy Trends*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1166039/Energy_Trends_June_2023.pdf
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2022). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2030*. <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/PNGRD/PNGRD-2022-Actualizacion-VF.pdfhttps://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC199315/>
- University of Strathclyde. (2023). *'Digital twin' project will inform future innovation in the UK energy industry*. <https://www.strath.ac.uk/whystrathclyde/news/2023/digitalwinprojectwillinformfutureinnovationintheukenergyindustry/>
- Uruguay Presidencia. (2019). *"Uruguay es el primer país de América Latina en desarrollar Internet 5G con servicio comercial"*. <https://www.gub.uy/presidencia/comunicacion/noticias/uruguay-es-primer-pais-america-latina-desarrollar-internet-5g-servicio#:~:text=Uruguay%20Presidencia,-Presidencia&text=El%20despliegue%20de%20la%20red,presidente%20de%20Antel%2C%20Andr%C3%A9s%20Tolosa.>
- World Bank. (2021). *El Banco Mundial apoya un sistema eléctrico inclusivo, verde y resiliente para la recuperación económica del Perú*. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2021/09/09/the-world-bank-supports-an-inclusive-green-and-resilient-electricity-sector-for-peru-s-economic-recovery>
- World Energy Council. (2022). *World Energy Issues Monitor - Regional Perspectives*. https://www.worldenergy.org/assets/downloads/WEIM2022_-_Regional.pdf?v=1674573393
- WWF Internacional. (2014). *Líderes en Energía Limpia: Países Top en Energía Renovable en Latinoamérica*. http://awsassets.wwf.es/downloads/tabare_lideres_en_energias_limpias_baja_r.pdf



BID

Melhorar vidas