



unesco

RESUMO

# Engenharia para o desenvolvimento sustentável

ICEE

International Centre for Engineering Education under the auspices of UNESCO

国际工程教育中心  
联合国教科文组织支持



中央编译出版社  
Central Compilation & Translation Press



# Engenharia para o desenvolvimento sustentável

- Cumprir com os Objetivos de
- Desenvolvimento Sustentável



KeepWatch/Shutterstock.com

# Um novo Relatório de Engenharia

A engenharia trata do conhecimento e da prática de resolução de problemas. Os engenheiros são indispensáveis para a manutenção das necessidades humanas básicas: o alívio da pobreza, a promoção de um desenvolvimento seguro e sustentável, respostas a emergências, a reconstrução de infraestruturas, a transposição da divisa do conhecimento e a cooperação intercultural, conectando necessidades sociais a inovações tecnológicas, bem como aplicações comerciais. Desse modo, a engenharia promove o desenvolvimento socioeconômico

sustentável e contribui para nossa resiliência a desastres e desafios de saúde pública, para a garantia de alimentos, água, comunicação e transporte, bem como em inovação e criação de novos produtos e serviços. Onde houver um problema, as soluções de engenharia serão necessárias.

Por que foi necessário um segundo Relatório de Engenharia da UNESCO? Uma década se passou desde a publicação do primeiro relatório – amplamente reconhecido como um dos mais importantes documentos sobre engenharia, que destacava a importância da profissão e a contribuição dos engenheiros para um mundo melhor. O público se interessou muito por ele, tornando-o um dos relatórios mais baixados no site da UNESCO. Ainda que algumas das características fundamentais de missão e responsabilidade dos engenheiros permaneçam as mesmas, os tempos mudaram de forma acentuada na década seguinte à sua publicação.

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável apresenta um projeto de ação; e os engenheiros lideram a busca pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com o uso de seu conhecimento científico e sua experiência para transformar ideias inovadoras em projetos de sustentabilidade que beneficiem todos. A situação inédita apresentada pela pandemia de COVID-19 revelou, por meio da implementação efetiva da engenharia, a natureza interconectada das sociedades e de que maneira as inovações científicas podem aumentar nossa resiliência. Ao mesmo tempo, as tecnologias estão evoluindo rapidamente, oferecendo perspectivas promissoras; que também devem ser avaliadas em vista de seus novos riscos éticos.

Por fim, a própria profissão necessita se reformular para abordar as questões atuais e promover um senso de responsabilidade global que busque as inovações necessárias. Este novo relatório é importante por fornecer uma visão geral dos novos desafios da profissão e das inovações de ponta de algumas das principais áreas tecnológicas da engenharia.

Outro desafio fundamental é conscientizar governos e a sociedade civil sobre o papel importante da engenharia no desenvolvimento econômico e no avanço da Agenda 2030. O Dia Mundial de Engenharia para o Desenvolvimento Sustentável é celebrado todos os anos em 4 de março e oferece uma oportunidade para a celebração das conquistas dos engenheiros e suas contribuições para um mundo melhor.



## Engenharia e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU

### ODS 1



A engenharia pode aliviar a pobreza extrema urbana. © Marlene Kanga

#### Como a engenharia pode fazer isso acontecer

A engenharia impulsiona o crescimento econômico e alivia a pobreza por meio de infraestrutura básica como estradas, ferrovias e telecomunicações. No entanto, ainda falta muito para que engenheiros desenvolvam tecnologias que aumentem a acessibilidade de serviços básicos, como água limpa, saneamento básico, energia confiável e combustíveis limpos de cozinha. Grandes populações em países de baixa renda requerem acesso às mais recentes tecnologias de comunicação, educação e saúde. A inovação frugal permite o desenvolvimento de tecnologias econômicas, confiáveis e acessíveis a todos.



### ODS 2



Mecanização agrícola para a produção de alimentos na Índia. © Marlene Kanga

#### Como a engenharia pode fazer isso acontecer

Engenheiros agrícolas, mecânicos e químicos mecanizaram a agricultura e a produção de alimentos e aumentaram sua produtividade com fertilizantes e pesticidas. Inovações contínuas de engenheiros eletrônicos e agrônomos incluem sensores de umidade cujo monitoramento das condições do solo otimizam a entrega de água e fertilizantes escassos. Outras inovações incluem a aplicação robótica de pesticidas e fertilizantes, monda, plantio, tecnologia de comunicação para monitoramento meteorológico, previsão e alerta de desastres naturais. Todas essas inovações são essenciais para a segurança alimentar mundial.



### ODS 3



Visão da câmera de IA para a detecção de febre por COVID-19 em multidões. © Marlene Kanga

#### Como a engenharia pode fazer isso acontecer

A engenharia tem sido fundamental no combate à pandemia de COVID-19 por implementar tecnologias avançadas como, por exemplo, a busca por uma vacina por meio de métodos de manufatura avançada, sistemas logísticos, de transporte e a impressão 3D de equipamentos de proteção individual. A engenharia erradicou doenças como febre tifoide e cólera ao oferecer água limpa e saneamento básico. A engenharia biomédica desenvolveu próteses e melhorias no tratamento de audição, saúde cardíaca e funcionamento cerebral. A robótica, a visão computacional e a IA estão revolucionando diagnósticos, procedimentos cirúrgicos e acessibilidade dessas tecnologias em países de baixa renda.



## ODS 4



Jovens engenheiros aprendem sobre engenharia e desenvolvimento sustentável. © WFEO

### Como a engenharia pode fazer isso acontecer

Os engenheiros facilitam o ensino nos níveis fundamental, médio e superior ao empregarem novas tecnologias, como ferramentas de aprendizagem *online* e sistemas de comunicação rápida. Isso melhora a acessibilidade e reduz custos para os estudantes. O *wi-fi* foi implementado em mais de 40 bilhões de dispositivos em todo o mundo, que apoiam avanços na educação e permitem outras aplicações. Engenheiros de software e telecomunicações estão expandindo de maneira rápida o acesso à internet por uso de satélites de baixo custo e outros dispositivos aéreos, a fim de fornecer informações e serviços para comunidades remotas e de baixa renda.

4

EDUCAÇÃO DE QUALIDADE



## ODS 5



Engenheiras trabalham em sistemas elétricos de alta tensão. © Sociedade Chinesa de Engenharia Elétrica

### Como a engenharia pode fazer isso acontecer

Garantir o acesso das mulheres à tecnologia e à engenharia pode diminuir muito as disparidades de gênero, bem como assegurar que as mulheres se beneficiem e participem dessa revolução tecnológica, fundamental para atingir os ODS. A diversidade de pensamento é indispensável para a inovação e o desenvolvimento de soluções que reflitam padrões, valores e aspirações comunitárias. Novas tecnologias desenvolvidas por engenheiros empoderam cada vez mais o trabalho e o empreendedorismo feminino, incluindo comunicações móveis e internet, que facilitam o acesso das mulheres a serviços bancários, financeiros e de informação.

5

IGUALDADE DE GÊNERO



## ODS 6



Tecnologias avançadas utilizam escaneamento a laser para monitorar a Barragem de Cahora Bassa, em Moçambique, uma das maiores barragens do mundo. © Antonio Berberan, Eliane Portela e João Boavida

### Como a engenharia pode fazer isso acontecer

Engenheiros civis e ambientais salvaram milhões de vidas por meio de sistemas de tratamento de água e esgoto, assim como erradicaram doenças transmitidas pela água, como a cólera e a febre tifoide. Todos os dias, engenheiros elétricos e mecânicos garantem que o sistema opere de forma confiável. Inovações no tratamento e na reciclagem de água garantem água limpa para todos, mesmo em zonas áridas. Apesar desses avanços, mais de 1 bilhão de pessoas ainda carecem de água limpa e 2 bilhões, de saneamento básico. Ações urgentes, inclusive por engenheiros, são necessárias para enfrentar esse desafio.

6

ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO



ODS 7



Os engenheiros são essenciais para projetar, construir e manter a infraestrutura de energia. © Sociedade Chinesa de Engenharia Elétrica

Como a engenharia pode fazer isso acontecer

A engenharia tem sido essencial para a produção e o fornecimento de eletricidade, fundamental para o crescimento econômico e a melhoria no padrão de vida das pessoas. No entanto, quase 1 bilhão delas – a maioria na África Subsaariana e no Sul da Ásia – ainda carecem de uma fonte confiável de eletricidade e provê-la é uma tarefa fundamental para os engenheiros. Engenheiros elétricos, mecânicos e ambientais têm desempenhado um papel central para o desenvolvimento de soluções energéticas renováveis – incluindo energia eólica, solar, ondomotriz e geotérmica – que sejam de baixo custo, que emitam zero carbono, que disponibilizem energia a regiões remotas e reduzam os impactos da mudança climática.

7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL



ODS 8



A engenharia de transportes é essencial para o crescimento econômico e para cidades sustentáveis. © Marlene Kanga

Como a engenharia pode fazer isso acontecer

A engenharia é reconhecida hoje como uma facilitadora essencial do crescimento econômico, dada a relação positiva entre o crescimento econômico de um país e seu número de engenheiros. Estradas, ferrovias, aeroportos, telecomunicações e o fornecimento de água e eletricidade são parte da infraestrutura essencial a todas as economias, projetada, desenvolvida e mantida por engenheiros civis, mecânicos, elétricos e ambientais. Os engenheiros são também responsáveis por comodidades básicas como água limpa, energia e habitação, e permitem que cidadãos tenham vidas saudáveis e produtivas, e se envolvam em trabalho decente.

8 TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO



ODS 9



Estudantes desenvolvem inovações em engenharia de processos químicos. © Technische Hochschule Georg Agricola (THGA)

Como a engenharia pode fazer isso acontecer

Uma economia moderna não pode existir sem engenharia. Engenheiros projetam, constroem e mantêm infraestruturas. Estradas, portos, ferrovias, comunicações, abastecimento de água e sistemas de energia são obras de engenheiros civis, mecânicos e elétricos. A indústria necessita de engenheiros em setores como mineração, petróleo, produtos químicos e processamento de alimentos; portanto, toda manufatura é apoiada por engenheiros mecânicos, elétricos, químicos e ambientais. Inovações em IA, robótica, computação em nuvem e *big data* impulsionarão o crescimento econômico e os empregos futuros.

9 INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA



## ODS 10



A engenharia gera trabalho e renda.  
© Ingénieurs et Scientifiques de France

### Como a engenharia pode fazer isso acontecer

Por meio de uma infraestrutura sustentável, novas tecnologias e inovações, a engenharia e os engenheiros criam empregos e oportunidades que possibilitam o acesso à moradia, a alimentos, à saúde e a uma vida digna, fundamentais para a redução de desigualdades. Garantir o acesso a comunicações de baixo custo, telefones celulares, informação, educação, diagnósticos e tratamentos médicos, especialmente em países de baixa renda, também são essenciais para atender às necessidades básicas das pessoas. Os engenheiros estão desenvolvendo tecnologias que capacitam as mulheres e aumentam sua participação no mercado de trabalho, reduzindo as crônicas desigualdades de gênero.



## ODS 11



O planejamento de infraestrutura, como este túnel de metrô, é essencial para o desenvolvimento sustentável. © Sr. Pung Chun Nok, Instituto de Engenheiros de Hong Kong

### Como a engenharia pode fazer isso acontecer

Engenheiros civis, estruturais, elétricos, mecânicos, ambientais, de software e de telecomunicações estão contribuindo para cidades seguras, inclusivas e resilientes; também estão facilitando o acesso a moradias, transportes públicos, ar limpo, água e energia, protegendo bens do patrimônio natural e cultural, bem como oferecendo maior resiliência contra desastres naturais. As tecnologias avançadas são usadas em edifícios eficientes em energia e recursos, bem como em iluminação inteligente de cidades, sistemas de transporte eficientes, fontes de energia renováveis, gestão integrada de recursos hídricos, engenharia geoespacial, modelagem da informação da construção e análise de dados, que tornam as cidades mais habitáveis e sustentáveis.



## ODS 12



Biogás de esgoto tratado e utilizado para produzir eletricidade na North Head Wastewater Treatment Plant, em Sydney, Austrália. © Marlene Kanga

### Como a engenharia pode fazer isso acontecer

Engenheiros civis, mecânicos, elétricos, ambientais e de mineração desempenham papéis fundamentais na gestão eficiente dos recursos da Terra por meio do processamento de minerais essenciais, produção de energia elétrica renovável, utilização sustentável de recursos hídricos, apoio à produção agrícola e gerenciamento da biodiversidade. As inovações da engenharia apoiam a gestão de recursos e o consumo responsável por meio da “economia circular”; em que a produção pode se tornar insumo em outros processos e produtos. Inovações para reciclar ou reutilizar materiais residuais (incluindo plásticos) estão sendo desenvolvidas por cientista de materiais e engenheiros químicos.



ODS 13



Os impactos da mudança climática causaram intensos incêndios florestais e neblina em Sydney, em janeiro de 2020. © Marlene Kanga

Como a engenharia pode fazer isso acontecer

A engenharia permite o combate à mudança climática. As fontes de energia renováveis projetadas com zero emissão de carbono incluem energia hidrelétrica, solar, eólica e ondomotriz; além disso, o hidrogênio verde barateia o armazenamento energético. Uma infraestrutura resiliente faz frente aos impactos crescentes de desastres naturais, incluindo ciclones e inundações. A redução dos gases de efeito estufa pela captura de carbono, a transformação de resíduos biossólidos em energia, e o uso de madeira advinda de florestas de rápido crescimento são outras dessas ações estabelecidas. Outras tecnologias em rápida evolução para absorver dióxido de carbono incluem a reciclagem do carbono atmosférico em matéria-prima química e o uso de materiais de construção de baixo carbono para habitação.



ODS 14



A engenharia é necessária para a proteção do aumento do nível do mar e da erosão das praias em comunidades costeiras. © Marlene Kanga

Como a engenharia pode fazer isso acontecer

Os engenheiros exercem um papel essencial na preservação e na proteção de oceanos e mares, bem como da vida nesses ambientes. Engenheiros marinhos estão trabalhando com cientistas e outros engenheiros para enfrentar a degradação da pesca, a poluição do oceano e o uso de seus recursos, incluindo a ampliação da utilização da energia ondomotriz. Engenheiros oferecem soluções para questões como a poluição plástica no oceano e a preservação de ecossistemas oceânicos, como a Grande Barreira de Corais, ameaçada pela mudança climática.



ODS 15



A inovação em geoengenharia é essencial para descobrir e proteger os recursos da Terra. © Technische Hochschule Georg Agricola (THGA)

Como a engenharia pode fazer isso acontecer

Engenheiros ambientais estão gerenciando a biodiversidade pelo uso responsável dos recursos florestais e da preservação dos *habitats*. Tecnologias inovadoras mapeiam a superfície da Terra e fornecem informações geoespaciais utilizadas no monitoramento agrícola, no desenho de infraestruturas e na previsão de desastres naturais, como terremotos. Essas tecnologias também auxiliam grupos indígenas e comunidades em situação vulnerável a aumentar sua capacidade de mapear, analisar e negociar o desenvolvimento sustentável e proteger as florestas naturais. As tecnologias de sensores e drones podem mapear florestas e identificar populações de animais em declínio. Sequenciamento de DNA e *microchips* são usados para rastrear espécies ameaçadas de extinção.



## ODS 16



Engenheiros de todo o mundo discutem sobre a necessidade de instituições robustas para o ensino de engenharia no Encontro da Aliança Internacional de Engenharia, em Hong Kong, China, em junho de 2019. © Marlene Kanga

### Como a engenharia pode fazer isso acontecer

O avanço dos ODS depende de uma prática de engenharia diversificada, inclusiva, sustentável e ética. Os engenheiros estão fazendo parcerias para desenvolver instituições robustas para a formação, credenciamento e regulamentação de engenheiros, essenciais para garantir o alto padrão do ensino de engenharia e a competência de engenheiros em todo o mundo. O Modelo de Código de Ética da Federação Mundial das Organizações de Engenharia (WFEO – *World Federation of Engineering Organizations' Model Code of Ethics*) está orientando outras instituições de engenharia. Os engenheiros também estão melhorando essas normas para enfrentar a corrupção na profissão, a fim de maximizar o benefício dos investimentos em infraestrutura que apoiam o desenvolvimento sustentável para todos.

16

PAZ, JUSTIÇA E INSTITUIÇÕES EFICAZES



## ODS 17



Os Estados-membros da UNESCO celebram o dia 4 de março como o Dia Mundial da Engenharia para o Desenvolvimento Sustentável. © Marlene Kanga

### Como a engenharia pode fazer isso acontecer

As parcerias em engenharia são essenciais para promover os ODS, seja dentro das disciplinas de engenharia ou em instituições de engenharia nacionais e internacionais, envolvendo o governo, a indústria e as universidades. Essas parcerias desenvolvem soluções e roteiros para implementar tecnologias, para construir mecanismos de transferência de capacidade e conhecimento, e para estabelecer abordagens inclusivas para o desenvolvimento sustentável. O Dia Mundial da Engenharia para o Desenvolvimento Sustentável, celebrado a cada ano em 4 de março, é um esforço colaborativo internacional em unir a engenharia e a comunidade para alcançar esses objetivos.

17

PARCERIAS E MEIOS DE IMPLEMENTAÇÃO



## A engenharia sempre transformou o mundo para melhor. Atualmente, continua tão relevante como sempre foi, mas são necessários mais engenheiros com as habilidades certas.

1



O principal problema que o mundo enfrenta na atualidade é como conciliar o desenvolvimento humano com a preservação do planeta. Nesse contexto, a disciplina desempenha um papel central na “Engenharia de um mundo mais sustentável”, conforme descrito no Capítulo 1. Tal capítulo descreve o papel fundamental da engenharia e dos engenheiros no avanço de cada um dos 17 ODS. Ele reflete sobre como os engenheiros transformaram o mundo por milênios, desde a invenção das primeiras ferramentas de pedra e de dispositivos simples como a polia e a alavanca nos tempos antigos, passando pelo desenvolvimento do motor a vapor que levou à Primeira Revolução Industrial, até as mudanças incríveis que acontecem agora no início da Quarta Revolução Industrial; incluindo a aplicação de IA avançada e de engenharia biomédica para melhorar a vida das pessoas e os processos de produção.

O Capítulo 1 também destaca as lacunas entre a atual capacidade de engenharia e os requisitos dos ODS e urge que governos,

a indústria, as instituições de ensino e pesquisa, a sociedade civil e a comunidade de engenharia colaborem entre si para garantir que mais engenheiros tenham as habilidades certas para responder ao apelo por um mundo mais sustentável. A demanda por engenheiros em todo o mundo é alta, seja em países desenvolvidos – nas áreas de alta tecnologia, *software*, IA e telecomunicações –, seja em países em desenvolvimento que requerem infraestrutura básica, sistemas de transporte e redes de fornecimento de energia e água. É também fundamental que o ensino de engenharia atenda às necessidades atuais e futuras dos empregadores, acompanhando as rápidas mudanças tecnológicas e o surgimento de novas disciplinas. Governos, educadores e instituições de engenharia devem trabalhar juntos para garantir que os padrões do ensino de engenharia tratem dos ODS, e que cada vez mais jovens, especialmente as meninas, considerem a engenharia como uma carreira.

## A própria engenharia necessita se transformar para se tornar mais inovadora, inclusiva, cooperativa e responsável.

2



A essência da sustentabilidade é não deixar ninguém para trás. Logo, os engenheiros devem reavaliar sua prática profissional e padrões sociais para proporcionar “Igualdade de oportunidades para todos” – tema do Capítulo 2 – fundamental para solucionar as questões de insustentabilidade e melhorar o mundo.

O Capítulo 2 apresenta a importância da diversidade e da inclusão na engenharia para garantir que a profissão atraia engenheiros com pontos de vista e origens diversos. Um mercado de trabalho diversificado pode tratar dos ODS de maneira mais efetiva ao fornecer soluções criativas, relevantes e inclusivas que evitem preconceitos e discriminações e não deixem ninguém para trás. Tal capítulo fornece um olhar abrangente sobre esta questão com ênfase nos jovens engenheiros e engenheiras.

Um avanço considerável foi alcançado graças aos esforços conjuntos de organizações de engenharia, governos e instituições de ensino, entre outros, mas o processo permanece desequilibrado. Ainda é necessário se fazer muito para que cresçam a diversidade e a inclusão na profissão, o que requer uma abordagem mais interdisciplinar e uma mentalidade mais inclusiva. A comunidade de engenharia deve fortalecer sua colaboração com vários setores da sociedade para enfrentar os desafios dos ODS de forma mais equilibrada e holística, de forma a garantir que o progresso em direção a um dos ODS seja equilibrado em relação aos demais.

## Inovações da engenharia são fundamentais para alcançar os ODS.

3



Embora sua gama de inovações seja vasta, o Capítulo 3 seleciona algumas áreas da disciplina que demonstram como a inovação, associada a tecnologias emergentes, pode ajudar a alcançar os ODS. As áreas de atuação incluem a pandemia de COVID-19, água limpa e saneamento básico, questões da engenharia hidráulica, emergências climáticas, desastres naturais, energia limpa, mineração e o alavancamento de tecnologias emergentes como *big data*, IA e cidades inteligentes para o desenvolvimento sustentável. Essas soluções não envolvem apenas meios tecnológicos, como também estão ligadas a códigos éticos e normas que garantam que o exercício da profissão seja responsável. Vale ressaltar também que o Programa de Engenharia da UNESCO e os Centros de Categoria I e II sob os auspícios da Organização, como o ICEE<sup>1</sup>, ISTIC<sup>2</sup>, UCPBL<sup>3</sup> e outros, exercem um papel indispensável na promoção de inovações de engenharia para os ODS.

### Engenharia para combater a COVID-19 e melhorar a saúde

Os engenheiros lutam de forma ativa contra a COVID-19 por meio do uso de tecnologias avançadas que incluem dispositivos terapêuticos e de diagnóstico, tecnologias de informação e comunicação (TIC), internet das coisas médicas (IoMT), IA, robótica e manufatura aditiva. Esses esforços aceleraram a capacidade de se detectar de maneira precisa as infecções virais; e disponibilizaram uma série de aparelhos complexos de suporte à vida como ventiladores, dispositivos de imagem, monitoramento, isolamento eficiente, rastreamento de contatos e análise de *big data*, que oferecem assistência dentro do ecossistema de saúde.

Atualmente, muitos engenheiros biomédicos estão concentrados em mitigar a pandemia. No entanto, o objetivo maior é melhorar

1 *International Centre of Engineering Education, Tsinghua University, China* (Centro Internacional de Ensino de Engenharia, Universidade de Tsinghua, China).

2 *The International Science, Technology and Innovation Centre, Malaysia* (Centro Internacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, Malásia).

3 *The UICEE Centre for Problem-Based Learning, Aalborg University, Denmark* (Centro de Aprendizagem Baseada em Problemas da UICEE, Universidade de Aalborg, Dinamarca).

a saúde e alcançar os ODS por meio de avanços tecnológicos que contribuam para o rápido diagnóstico, o tratamento e a reabilitação dos pacientes; e, paralelamente, para maior precisão a um custo menor para o bem-estar de todos.

## Engenharia hídrica para desenvolvimento sustentável

A água, um pré-requisito para a vida, assume um foco especial em termos de desenvolvimento sustentável. Questões hídricas globais como secas, inundações, a poluição causada por eventos naturais e antropogênicos, chuvas extremas, o aumento do nível do mar e dos rios, incêndios florestais e o não tratamento de efluentes domésticos e industriais requerem uma gestão adequada e eficiente para atender à demanda por água limpa cada vez maior.

A relação estreita entre a saúde humana e o bem-estar das comunidades com acesso à água potável é um fator determinante para o desenvolvimento econômico e social de uma sociedade. Apesar de o direito à água potável e ao saneamento seguro ter sido reconhecido como um direito humano pelas Nações Unidas em 2010, ainda há grandes desafios para sua implementação plena, especialmente em países menos desenvolvidos. Hoje, a água potável ganhou um foco inédito nas políticas públicas a fim de conter a propagação da COVID-19. Historicamente, os engenheiros civis e os ambientais desempenharam um papel proeminente na concepção e construção de grandes projetos de infraestrutura que fornecessem água potável e sistemas de saneamento adequados. Avanços importantes na engenharia

hídrica e ambiental ao longo das últimas décadas levaram ao desenvolvimento de tecnologias hídricas novas e mais eficientes como: oxidação avançada, adsorção, osmose reversa e filtragem por nano e ultramembrana (usada para remover substâncias prioritárias no tratamento avançado da água). Além disso, inovações em disciplinas de engenharia como a aeroespacial, de satélite, engenharia eletrônica, de computação e tecnologias de sensoriamento remoto contribuíram para a identificação de tendências no ciclo da água que são de suma importância para uma avaliação abrangente dos impactos quantitativos e qualitativos da mudança climática para os recursos hídricos.

As mudanças hidrológicas induzidas pela mudança climática apresentarão desafios para a gestão sustentável dos recursos hídricos. Tais recursos já estão sob forte pressão em muitas regiões do mundo. Esses desafios agravarão ainda mais a situação em regiões que já sofrem estresse hídrico; e criarão estresse hídrico em regiões onde esses recursos ainda são abundantes. A ciência da hidrologia fornece informações sobre os fluxos, o transporte e o manejo dos recursos hídricos, indissociáveis às aplicações de engenharia. Nas quatro décadas após 1930, o desenvolvimento da ciência hidrológica como um campo separado de pesquisa científica coincidiu com um enorme aumento no desenvolvimento da infraestrutura hídrica projetada. Além disso, o rápido desenvolvimento de uma hidro-infraestrutura desencadeou aplicações de engenharia em todo o mundo, o que significa que a hidrologia e a engenharia se desenvolveram praticamente juntas.

## Engenharia em emergências climáticas e na redução do risco de desastres

O projeto, a construção e a gestão da infraestrutura devem ser adaptados para tratar dos desafios relacionados ao clima e para apoiar a implementação de ações adaptativas ou corretivas. A atualização de códigos nacionais, normas e diretrizes, somados a serviços climáticos aprimorados fornecem o caminho para os engenheiros abordarem os riscos à infraestrutura associada à mudança climática.

Os países podem identificar, compreender e gerenciar os riscos da mudança climática ao priorizar o planejamento e as ações de adaptação, bem como implementar procedimentos operacionais e de manutenção que prolonguem a vida útil de infraestruturas em risco crítico de falha. A UNESCO desempenha um papel fundamental na construção de uma cultura global de resiliência ao operar na interface entre ciências naturais e sociais, educação, cultura e comunicação, auxiliando os países na capacitação para a gestão de desastres e do risco climático.



## Engenharia para energia limpa e acessível

A energia sustentável é essencial para enfrentar os desafios colocados pela mudança climática e pelo desenvolvimento sustentável. A energia está inextricavelmente ligada às transições em nossas sociedades e economias, seja em termos de estilo de vida, alimentos ou transporte, e está no centro da transformação dos sistemas de produção que incluem o desenvolvimento de fontes de energia de baixo carbono. Nesse sentido, a pandemia de COVID-19 destacou a importância de sistemas energéticos inclusivos e resilientes.

## Tecnologias de mineração sustentáveis para o futuro

A mineração pode contribuir de forma positiva para a realização dos 17 ODS, mas, para isso, a indústria deve se reinventar. Nos últimos 30 anos, uma grande variedade de visões, objetivos, métodos, tecnologias, processos e outras medidas foram desenvolvidos para melhorar a aplicação de atividades sustentáveis de mineração.



## Big data, inteligência artificial e cidades inteligentes

A disponibilidade de grandes quantidades de dados heterogêneos advindos de múltiplas fontes tem crescido de forma exponencial, tornando imperativo a formulação de estratégias e o desenvolvimento de processos e algoritmos como a IA, para analisar de maneira eficiente os grandes conjuntos de dados e para abrir novas oportunidades para pesquisadores, engenheiros e empreendedores em uma ampla variedade de domínios. Os sistemas de *big data* incorporam tecnologias e habilidades em evolução que incluem conhecimento de domínio, análise de dados, conhecimento estatístico e habilidades avançadas de



visualização de dados. O potencial transformador de *big data* nas áreas de saúde, administração do setor público, varejo, manufatura e cotidiano tem tido ampla aceitação.

Para os engenheiros, os resultados da análise de *big data* serão especialmente relevantes na manutenção preditiva e preventiva e no *design* de produtos e estruturas, entre outras áreas, levando a uma gestão de projetos mais eficientes e com custos mais efetivos no contexto do desenvolvimento sustentável. No entanto, o tremendo potencial de *big data* só pode ser desencadeado por tecnologias relevantes de IA. Estes constituem o núcleo da Quarta Revolução Industrial, impacta todos os aspectos do desenvolvimento econômico e social, desde a manufatura avançada, o fornecimento de energia, o transporte, a saúde, a educação e a agricultura até diferentes tipos de comércio, serviços sociais e funções domésticas. IA e *big data* podem capacitar a engenharia para os ODS, mas também há consequências negativas em termos de privacidade e segurança, entre outras coisas. Portanto, é responsabilidade dos engenheiros exercer uma conduta responsável ao lidar com IA e *big data* em benefício de todas as pessoas e do planeta.

*Big data* e IA devem trabalhar em conjunto para ajudar a construir comunidades e cidades mais resilientes em todo o mundo – que enfrentam os desafios assustadores do crescente congestionamento, a piora da qualidade do ar, a disponibilidade insuficiente de água, a falta de descarte e gerenciamento adequado de resíduos, preocupações com a saúde pública, o aumento das taxas de criminalidade, e assim por diante. A aplicação de tecnologias inteligentes está mudando a natureza e a economia da infraestrutura necessária para lidar com esses desafios urbanos. Isso também abre enormes oportunidades para futuros engenheiros e tecnólogos criarem ideias para implementar aplicações mais econômicas no desenvolvimento amplo e abrangente das cidades, ao mesmo tempo em que melhoram a qualidade de vida urbana. O Relatório de Desenvolvimento Sustentável Global 2019 das Nações Unidas também identifica o desenvolvimento urbano como um ponto de entrada essencial para a implementação integrada dos ODS.

## Ensino da engenharia e capacitação como a chave para a conquista dos ODS.

4



GordonKof/Shutterstock.com

Apesar da importância social e econômica dos engenheiros, há uma preocupação crescente de que a diminuição das matrículas em estudos de engenharia terá consequências para o desenvolvimento futuro. A Iniciativa de Engenharia da UNESCO (*UNESCO Engineering Initiative*) aborda essa preocupação por meio de suas parcerias com sociedades profissionais de engenharia, como a WFEO – e aquelas com foco educacional – além de indústrias e sociedades civis para promover “Educação e capacitação de engenheiros”, tema do Capítulo 4. Tal capítulo estabelece a necessidade da construção de uma estrutura global de padrões. Ele explica como a capacitação de engenheiros é um processo contínuo que começa na escola, passa pelo ensino superior e seus programas formais e continua durante toda a carreira profissional do engenheiro, tecnólogo ou técnico sob as lentes do desenvolvimento profissional vitalício para que eles acompanhem o rápido crescimento do conhecimento e das habilidades de atendimento.

Capacitar engenheiros para implementar os ODS exige não apenas novas competências – incluindo aprendizagem e pensamento criativos, resolução de problemas complexos, cooperação interdisciplinar e internacional e um código de ética – como também exige uma mudança no próprio ensino da engenharia. Isso exige uma mudança do caminho acadêmico, técnico, conteudista

e centrado no professor que se tem na atualidade para uma abordagem de aprendizagem interdisciplinar muito mais ampla e mais centrada no estudante e na solução de problemas. Isso exigirá a construção de uma abordagem estruturada que garanta a qualidade e o credenciamento de engenheiros para promover o aprendizado e o desenvolvimento profissional vitalício.

Revisões periódicas de atributos e competências profissionais dos graduados envolvendo as várias partes interessadas ajudarão a guiar o ensino da engenharia às demandas do desenvolvimento sustentável, ao passo que um sistema mundial de credenciamento é necessário para ajudar a garantir um número suficiente de engenheiros de alta qualidade capacitados para alcançar os ODS – e ajudar os engenheiros a trabalhar além de suas fronteiras nacionais. Seu contínuo desenvolvimento profissional pode desempenhar um papel fundamental na sua adaptação às inovações tecnológicas e aos novos métodos de trabalho que melhor satisfaçam seu compromisso com a sociedade. Nesse sentido, sistemas de certificação profissional são de suma importância, reconhecendo as qualificações e as competências de seus profissionais mundo afora, ao estabelecer um conjunto de requisitos mínimos de conhecimento, habilidades e competências para a engenharia do futuro.

## Promoção do desenvolvimento de engenharia nas regiões.

5



Guiados pela Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, engenheiros em todo o mundo têm dado grandes passos para promover os ODS e melhorar a capacidade da profissão para sua realização. O Capítulo 5, “Tendências regionais na engenharia”, fornece uma visão geral de como a cooperação inter-regional facilitou o progresso em direção aos ODS, analisa as tendências do desenvolvimento da engenharia em diferentes contextos regionais e demonstra como a engenharia é de fato um facilitador para o desenvolvimento regional.

No entanto, lacunas importantes persistem entre o progresso realizado e as metas estabelecidas pela Agenda 2030 às quais os Estados-membros das Nações Unidas se comprometeram. Observando essas lacunas, é evidente que algumas de suas causas proeminentes são a falta de capacidade de engenharia, de cooperação internacional, interdisciplinar e intersetorial para o desenvolvimento da engenharia, entre muitas outras.

O mundo deve superar muitos desafios para atingir os ODS até 2030 e o mais grave deles é o desequilíbrio no desenvolvimento entre as diferentes regiões do planeta. Essa situação enfatiza a necessidade de uma maior parceria mundial na construção da capacidade de engenharia, especialmente nos países em desenvolvimento. Este relatório reconhece os desafios ao desenvolvimento da engenharia equitativa em todo o mundo e destaca a importância da parceria inter-regional, conforme estabelecido na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, a fim de aprimorar a “cooperação regional e internacional Norte-Sul, Sul-Sul e tripartite para o acesso à ciência, à tecnologia e à inovação”, o “compartilhamento de conhecimento em termos acordados mutuamente, inclusive por meio de melhor coordenação entre os mecanismos existentes”, e o “apoio internacional para a implementação de capacitação eficaz e direcionada nos países em desenvolvimento para apoiar planos nacionais de implementação de todos os objetivos de desenvolvimento sustentável”.

# Conclusão

À medida que a COVID-19 continua a se espalhar pelo mundo, a pandemia tem revelado a contribuição multifacetada da engenharia e tem trazido à tona as falhas estruturais das desigualdades pelo mundo. A mais importante entre elas é a profunda divisão científica, de engenharia e digital entre os países, particularmente prejudicial à juventude.

É nesses termos que este relatório pode servir de referência para os Estados-membros. Por meio de seus programas científicos internacionais e intergovernamentais, redes de centros e cátedras, suas parcerias com diversas organizações não governamentais, empresas multinacionais e instituições de ensino de engenharia em todo o mundo, a UNESCO promove parcerias interdisciplinares e internacionais em engenharia, fundamentais para acelerar a conquista dos ODS.

Nenhuma disciplina, por si só, pode apresentar uma solução que concretize os ODS, uma vez que todas as metas “são integradas, indivisíveis e equilibram as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental”, como aponta a Agenda 2030. Assim, é urgentemente necessário um novo paradigma que vá além da tradicional divisão de suas disciplinas e tenha uma abordagem inter e multidisciplinar, que permita que a engenharia resolva questões tão complexas como a mudança climática. Além disso, os engenheiros devem entender e assumir sua responsabilidade social de construir um mundo mais sustentável, resiliente e equitativo para todas as pessoas, não deixando ninguém para trás. Cuidadosamente, os engenheiros devem considerar os impactos sociais e manterem-se atentos aos impactos ambientais de modo a reiniciar a saúde da natureza e do planeta que compartilhamos e fazer da engenharia um verdadeiro facilitador, equalizador e acelerador para a conquista dos ODS.



# Recomendações

Cada capítulo do relatório termina com um conjunto de recomendações destinadas a governos, instituições de ensino, organizações de engenharia, sociedade civil e setor privado, com a *expertise* atualizada da comunidade de engenharia e científica. Algumas das principais recomendações estão descritas abaixo.

## Entender o papel da engenharia e dos engenheiros na conquista dos ODS

1. Os governos, os educadores de engenharia, a indústria e as instituições profissionais de engenharia devem promover um maior entendimento acerca do papel essencial dos engenheiros e da engenharia na criação de um mundo mais sustentável.

## Igualdade de oportunidades e diversidade

2. Os governos e os tomadores de decisão devem adotar medidas urgentes para incentivar mais jovens, especialmente as meninas, a considerar a engenharia como uma carreira, a fim de reduzir a escassez de engenheiros e garantir a diversidade de pensamento e participação inclusiva necessária para se alcançar os ODS.
3. O setor de engenharia como um todo deve abraçar o *ethos* de “não deixar ninguém para trás” dos ODS e garantir que as soluções tecnológicas abordem as desigualdades atuais.

## A água como uma questão global e estratégica de sustentabilidade

4. Os desafios globais previstos pelo aumento da poluição da água e da mudança climática devem ser combatidos com o uso dos avanços em ciência, tecnologia e inovação em áreas como modelos hidroambientais, sistemas de suporte à decisão, microeletrônica, nanotecnologia, química fina, biotecnologia e tecnologia da informação.
5. A relevância socioambiental da água limpa e a natureza holística da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável exigem uma abordagem integrada e sistemática para lidar com as especificidades de cada um dos 17 ODS, todos os quais requerem uma análise interdisciplinar intensiva e uma *expertise* multissetorial para sua implementação.

6. A infraestrutura projetada e baseada na natureza deve ser combinada com abordagens de gestão de recursos hídricos que engajem as partes interessadas e abordem a adaptação climática ascendente. Os engenheiros devem ser capacitados sobre os avanços recentes em hidrologia, em conjunto com externalidades como tecnologia e necessidades sociais, para desenvolverem abordagens para a implementação de ODS e outras metas relacionadas aos recursos hídricos.

## Conscientização e resiliência à mudança climática

7. Os países podem identificar, entender e gerenciar os riscos da mudança climática ao priorizar o planejamento e as ações de adaptação, incluindo a implementação de procedimentos operacionais e de manutenção que prolonguem a vida útil de infraestruturas que: i) estejam em risco crítico de falha; ii) atendam uma demanda alta; iii) estejam chegando ao fim de seu ciclo de vida; ou iv) excedam o nível de tolerância ao risco e exijam investimentos substanciais para sua reforma ou substituição.
8. Atenção especial deve ser dada a países vulneráveis e em desenvolvimento na construção de suas capacidades de fornecer infraestruturas resilientes ao clima, ao atualizar seus códigos, padrões e diretrizes nacionais e aumentar sua capacidade para serviços climáticos, engenharia e entrega. O financiamento público e privado é necessário para o investimento em atividades que previnam e reduzam os riscos de desastres por meio de medidas estruturais e não estruturais que promovam sua resiliência. A cooperação aliada à pesquisa de engenharia deve ser almejada para identificar e fornecer soluções inovadoras, incluindo aquelas baseadas na natureza.

## Recursos naturais e energia sustentável

9. Para ajudar a atingir os ODS, é essencial desenvolver sistemas energéticos sustentáveis e resilientes. As políticas e os avanços nessa área devem ser com base em fatos rigorosos e evitar preconceções. Para alcançar esses objetivos, todas as opções de energia estão abertas, dependendo do contexto nacional. É importante utilizar critérios econômicos simples e transparentes, como o custo por tonelada de CO<sub>2</sub> evitado.
10. As tecnologias adequadas para alcançar a sustentabilidade na mineração devem ser implementadas e desenvolvidas.

## Dados, IA e cidades inteligentes

11. Os governos e os proprietários de dados devem tornar seus dados encontráveis, acessíveis, interoperáveis e reutilizáveis de forma ética. Regras e normas devem ser desenvolvidas com base no consenso global para permitir o compartilhamento e o intercâmbio eficientes de dados.
12. A segurança e a privacidade dos dados aumentaram em relevância e devem fazer parte do processo de *design* em todas as etapas do paradigma de *big data*. A cooperação internacional e interdisciplinar deve estar em vigor entre instituições acadêmicas, universidades, indústria e sociedade civil para promover a inovação em IA e sua aplicação na implementação dos ODS. Os governos e a sociedade civil devem promover um diálogo internacional para chegar a um consenso global sobre a governança da IA e adotar princípios, diretrizes e normas globais para a condução responsável da IA.
13. Tecnologias e aplicações inteligentes de engenharia alteram a natureza e a economia da infraestrutura. Com a nova geração de unidades de transporte e saúde, infraestruturas resilientes a desastres e fontes de energia de baixo carbono; cidades inteligentes podem servir como veículos de inovação e plataformas de teste para novas aplicações e soluções.

## O ensino da engenharia e capacitação para os ODS

14. Os governos, os educadores, a indústria e as instituições profissionais de engenharia devem colaborar para financiar e apoiar estratégias que aumentem o número de engenheiros, introduzam uma abordagem internacionalmente coesa dos atributos de um engenheiro formado e promovam suas competências profissionais para garantir a alta qualidade dos engenheiros que se comprometeram com os ODS. Esses marcos devem ser reconhecidos em todo o mundo e devem formar a base dos sistemas nacionais de ensino de engenharia para que eles tenham as habilidades devidas.
15. Melhorar e fortalecer a educação nas áreas de STEM (*science, technology, engineering, and mathematics* – ciência, tecnologia, engenharia e matemática) nas escolas é a base da educação superior em engenharia e da aprendizagem vitalícia. Além disso, o tema “sustentabilidade” deve ser incluído no currículo de todas as instituições de ensino, desde escolas e universidades até departamentos de engenharia e órgãos de formação profissional.
16. Os governos devem aumentar seu foco em currículos interdisciplinares, desenvolvimento sustentável e competências profissionais, combinando-os com modelos de financiamento que apoiem essas necessidades. Critérios nacionais de credenciamento devem ser formulados e acompanhados de incentivos e recompensas para as instituições que atendem a esses requisitos.
17. Os estudos devem se concentrar na resolução interdisciplinar de problemas complexos ao usar abordagens centradas no estudante, baseadas em problemas e aprendizagem *online*.
18. As instituições de engenharia, a indústria e a academia devem cooperar para desenvolver e implementar um sistema de certificação profissional que promova o desenvolvimento profissional contínuo e o reconhecimento de qualificações e competências profissionais em todo o mundo.

## Cooperação regional na área de engenharia

19. É necessário fortalecer todos os tipos de cooperação inter-regional, regional e sub-regional para a capacitação de engenheiros alinhados ao desenvolvimento sustentável, com ênfase na dimensão da engenharia em todos os ODS, bem como padrões inclusivos, mobilidade dos engenheiros e a articulação do *nexo engenharia-educação* para enfrentar os desequilíbrios na capacidade de engenharia e no desenvolvimento econômico nas diversas regiões do mundo.
20. A engenharia é um setor altamente diversificado educacional e profissionalmente. Uma abordagem comum é, portanto, necessária para harmonizar definições e registro de dados e refletir as tendências à diversidade no setor de engenharia. As instituições governamentais e as organizações de engenharia devem cooperar para harmonizar ainda mais os padrões de coleta e estudo de dados da profissão.



Publicado em 2022 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, França, e pela Representação da UNESCO no Brasil.

© UNESCO 2022



Esta publicação está disponível em acesso livre ao abrigo da licença Attribution-ShareAlike 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>). Ao utilizar o conteúdo da presente publicação, os usuários aceitam os termos de uso do Repositório UNESCO de acesso livre ([www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-port](http://www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-port)).

Título original: *Engineering for sustainable development: executive summary*. Publicado em 2021 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), pelo Centro Internacional de Educação em Engenharia (ICEE) sob os auspícios da UNESCO (China) e pelo Central Compilation and Translation Press (CCTP, China).

As indicações de nomes e a apresentação do material ao longo deste livro não implicam a manifestação de qualquer opinião por parte da UNESCO a respeito da condição jurídica de qualquer país, território, cidade, região ou de suas autoridades, tampouco da delimitação de suas fronteiras ou limites.

As ideias e opiniões expressas nesta publicação são as dos autores e não refletem obrigatoriamente as da UNESCO, nem comprometem a Organização.

#### **Créditos da versão original:**

*Design de capa:* Abracadabra

*Design gráfico:* Abracadabra e UNESCO

*Formatação:* UNESCO/Corinne Hayworth

#### **Créditos da versão em português:**

*Coordenação técnica da Representação da UNESCO no Brasil:*

Marlova Jovchelovitch Noletto, diretora e representante

Fábio Soares Eon, coordenador do Setor de Ciências Naturais

*Tradução:* Tikinet Edição Ltda.

*Revisão técnica:* Setor de Ciências Naturais da Representação da UNESCO no Brasil

*Revisão editorial e diagramação:* Unidade de Publicações da Representação da UNESCO no Brasil

SC-PCB/2021/ERII/ES

*Esclarecimento:* a UNESCO mantém, no cerne de suas prioridades, a promoção da igualdade de gênero, em todas as suas atividades e ações. Devido à especificidade da língua portuguesa, adotam-se, nesta publicação, os termos no gênero masculino, para facilitar a leitura, considerando as inúmeras menções ao longo do texto. Assim, embora alguns termos sejam escritos no masculino, eles referem-se igualmente ao gênero feminino.

# Engenharia para o desenvolvimento sustentável

- Cumprir com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

## RESUMO

### A engenharia dos ODS

O relatório da UNESCO destaca o papel essencial da engenharia no cumprimento de cada um dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Ele mostra que oportunidades iguais para todos são fundamentais para uma profissão que seja inclusiva, equilibrada entre os gêneros e que possa responder melhor à escassez de engenheiros para implementação dos ODS. Ele oferece um recorte das inovações que moldam o nosso mundo, especialmente de tecnologias emergentes como *big data* e inteligência artificial (IA), fundamentais para enfrentar os urgentes desafios que a humanidade e o planeta encaram. O relatório analisa as transformações na educação e na capacitação de engenheiros no início da Quarta Revolução Industrial, que os permitirão enfrentar os desafios à frente; destaca o esforço mundial necessário para enfrentar disparidades regionais; e resume as tendências da disciplina nas diferentes regiões do mundo.

Ao apresentar estudos de caso e possíveis soluções, o relatório revela por que a engenharia é imprescindível para o desenvolvimento sustentável e indispensável para a manutenção das necessidades humanas básicas, como aliviar a pobreza, fornecer água e energia limpas, responder a desastres naturais, construir infraestruturas resilientes e transpor a divisa do desenvolvimento – entre muitas outras ações –, sem deixar ninguém para trás.

Espera-se que o relatório sirva de referência para governos, organizações de engenharia, instituições de ensino, academia e indústria de modo a formar parcerias globais e catalisar a colaboração nas engenharias para que os ODS sejam alcançados.

É essencial que mais jovens, especialmente as **meninas**, considerem a **engenharia** como uma carreira.



**unesco**

Organização  
das Nações Unidas  
para a Educação,  
a Ciência e a Cultura

*“Uma vez que as guerras se iniciam nas mentes dos homens, é nas mentes dos homens que devem ser construídas as defesas da paz.”*