Engenharia do Futuro: inovação e sustentabilidade

Raúl Fangueiro, António Vicente, Lígia Rodrigues e Pedro Arezes
Escola de Engenharia

DA EVOLUÇÃO DA ENGENHARIA E DO SER HUMANO

"Eu sou o homem. O Homem.
Desço ao mar e subo ao céu.
Não há temores que me domem
É tudo meu, tudo meu."
António Gedeão, *Poema do homem-rã*

A palavra 'engenheiro' vem do latim *Ingenium*, ou seja, "aquele que tem engenho". O termo "engenho" refere-se à capacidade de criar, inovar e solucionar problemas técnicos e complexos. Os engenheiros sempre foram reconhecidos como indivíduos com a capacidade de encontrar soluções para problemas quotidianos, aplicando ciência, matemática e talento para fazer o que nunca foi feito, ir aonde ninguém jamais esteve e alcançar o que antes era considerado inalcançável.

Esta capacidade encontra diversos exemplos notáveis ao longo da história da Humanidade. A Acrópole e o Partenon na Grécia, o Coliseu Romano, as pirâmides no Egito e as construções dos impérios Maia, Inca e Asteca, são apenas alguns testemunhos deste engenho. Os aquedutos e estradas romanas, como a Via Appia, bem como a Grande Muralha da China, que serviram às ambições políticas e militares dos governantes dos países, são igualmente obras notáveis nas quais o papel de engenharia aparece em todo o seu esplendor. As cidades no vale do Indo e no delta do Nilo (3300 aC a 2600 aC) com redes retangulares de ruas, grandes edifícios e banhos públicos, são exemplos de uma vertente mais social da engenharia, na procura de soluções de bem-estar para as populações. Durante séculos, a engenharia sustentou o poder político, militar e económico.

A Primeira Revolução Industrial, ocorrida em Inglaterra no final do século XVIII e início do século XIX, foi marcada pela invenção de máquinas e equipamentos, como a máquina a vapor, que permitiram a produção em massa e a mecanização da indústria têxtil e de outros setores. Esta revolução industrial teve também impactos significativos na agricultura e nos transportes, levando a mudanças sociais, culturais e económicas profundas.

A Segunda Revolução Industrial, que ocorreu no final do século XIX e início do século XX, foi impulsionada por novas tecnologias, como a eletricidade, o petróleo e o aço. Essa fase viu o desenvolvimento da produção em massa em larga escala, a expansão da indústria química e petroquímica, a criação de novos meios de transporte e de comunicação, além de uma maior automatização e especialização das atividades económicas.

Por sua vez, a Terceira Revolução Industrial, também conhecida como Revolução Digital, ocorreu a partir do final do século XX, sendo fortemente marcada pela introdução da tecnologia digital e da automação a larga escala na indústria e na sociedade. Esta fase da Revolução Industrial teve início com o desenvolvimento da tecnologia de computadores e a popularização da Internet, o que permitiu a conexão em rede de empresas, pessoas e dispositivos em todo o mundo. Com a disseminação da tecnologia digital, houve uma transformação radical em muitos setores da economia, como a indústria, o comércio, a comunicação e o entretenimento, levando ao aparecimento de novas oportunidades de negócios, como a indústria de *software* e de jogos, tendo permitido, de igual forma, a otimização de processos produtivos e a redução de custos, em muitos setores. Além disso, a tecnologia digital também possibilitou o desenvolvimento de novas formas de comunicação, como as redes sociais, e a expansão do comércio eletrónico. Esta nova era da informação também teve impactos significativos na sociedade, como a criação de novos empregos e a extinção de outros e, sobretudo, a transformação do modo como as pessoas trabalham e se relacionam.

Vive-se atualmente a Quarta Revolução Industrial, marcada pela convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas, que transformam a maneira como as empresas operam e interagem com o mercado e a sociedade. Esta verdadeira Indústria 4.0 é baseada em tecnologias como a Internet das Coisas, a Inteligência Artificial, a robótica, as realidades virtual e aumentada, entre outras. Estas permitem a criação de sistemas inteligentes e integrados, que são capazes de tomar decisões e realizar operações de forma autónoma, além de permitirem uma comunicação mais eficiente entre empresas e consumidores.

Esta nova Revolução Industrial está a mudar a forma como as empresas produzem e vendem seus produtos e serviços. Possibilita a personalização em massa de produtos e serviços, além de permitir uma maior eficiência na cadeia de produção e logística e transformar a relação entre as empresas e os consumidores, permitindo uma maior interação e participação dos consumidores no processo de produção e *design* de produtos. Para além disso, tem vindo a gerar novas oportunidades de emprego e a requerer novas competências. A Quarta Revolução Industrial tem o potencial de criar uma sociedade mais conectada, sustentável e eficiente, mas também apresenta desafios relacionados com a segurança de dados e a privacidade dos consumidores.

A criatividade dos engenheiros tem mudado o mundo, de forma contínua e permanente, com impacto direto na qualidade de vida das pessoas e na forma como se relacionam entre si e com o meio que as rodeia. O avanço tecnológico tem tido muitos impactos positivos em diversas áreas, como:

- Saúde: tem permitido o desenvolvimento de equipamentos médicos avançados, novas técnicas cirúrgicas e tratamentos mais eficazes para doenças crónicas, o que tem melhorado a qualidade de vida de muitas pessoas. Como consequência, a expectativa média de vida aumentou significativamente nos últimos 100 anos. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU), em 1920, a esperança média de vida global era de cerca de 30 anos, enquanto em 2020, essa esperança foi aumentada para cerca de 73 anos;
- Educação: tem transformado a educação com aulas online e ferramentas digitais que tornam o ensino e a aprendizagem mais acessíveis e atrativas. De acordo com dados da UNESCO, a taxa global de alfabetização aumentou significativamente nas últimas décadas. Em 1970, a taxa de alfabetização global era de cerca de 58%, enquanto em 2016 havia aumentado para cerca de 86%;
- Comunicação: tornaram possível comunicar em tempo real com pessoas em qualquer lugar do mundo, permitindo a conexão entre pessoas e a troca de informações;
- Produtividade: as tecnologias de automação, a inteligência artificial, os novos sistemas de organização industrial e a melhoria nas qualificações e na formação dos trabalhadores, têm ajudado a aumentar a produtividade em muitos setores, permitindo que as empresas produzam mais e melhor;
- Eficiência energética: os avanços da tecnologia têm permitido obter energia limpa e renovável a partir fontes alternativas, bem como a melhoria da eficiência energética, o que tem contribuído para reduzir as emissões de gases com efeito estufa e para a mitigação das alterações climáticas;

- Sistemas de mobilidade: uma grande evolução ocorreu nos últimos 100 anos, com uma maior variedade de opções de transporte pessoal, transporte de mercadorias, sistemas de transporte público e soluções de mobilidade sustentável. A tecnologia tem sido um fator chave nessa evolução, tornando a mobilidade mais eficiente, conveniente, segura e sustentável. No início do século XX, o transporte pessoal era limitado a cavalos, carruagens e bicicletas. Na década de 1920, o automóvel tornou-se popular e acessível à classe média. Desde então, houve uma evolução constante em termos de *design*, eficiência e segurança dos veículos;
- Cidades: ao longo do último século, influenciou a infraestrutura de transportes, o planeamento urbano, a construção de edifícios mais sustentáveis e a adoção de sistemas de comunicação mais eficientes.

DOS DESEQUILÍBRIOS E DAS INTENÇÕES

"De uma coisa sabemos: a terra não pertence ao homem, é o homem que pertence à terra. (...) Todas as coisas estão interligadas, como o sangue que une uma família. (...) Tudo quanto agride a terra, agride os filhos da terra. Não foi o homem quem teceu a teia da vida: ele é meramente um fio dessa mesma teia. Tudo o que ele fizer à teia, a si próprio o fará."
In A Carta do Grande Chefe Seattle

Num mundo em constante mudança por força do desenvolvimento e adoção cada vez mais acelerada de novas tecnologias, tem sido muito difícil garantir que todos consigam acompanhar a mudança e, sobretudo, que possam usufruir efetivamente dela. Tem sido igualmente muito difícil garantir o imprescindível respeito pela Natureza e pelos ecossistemas em que nos inserimos, enquanto elemento de um mesmo corpo que apenas funciona quando todos os seus sistemas se articulam de forma harmoniosa. Tem sido difícil assegurar que todas as pessoas possam usufruir de condições de vida digna.

Os indicadores que sustentam esta abordagem incluem:

- Pobreza: cerca de 9,2% da população mundial vive em extrema pobreza, com menos de 1,90 dólares por dia;
- Fome: em 2020, a pandemia de COVID-19 levou a um aumento do número de pessoas que passam fome no mundo para cerca de 811 milhões;
- Saúde: cerca de metade da população mundial não tem acesso a serviços de saúde essenciais, e muitas pessoas enfrentam altos custos de cuidados de saúde;

- Educação: mais de 260 milhões de crianças em idade escolar básica e secundária não estão matriculadas na escola;
- Igualdade de género: em todo o mundo, as mulheres ganham, em média, cerca de 77% do que os homens ganham, para o mesmo trabalho;
- Água e saneamento: cerca de 2,2 mil milhões de pessoas, em todo o mundo, não têm acesso a água potável segura, e cerca de 4,2 mil milhões não têm acesso a saneamento básico seguro.
- Energia: cerca de 840 milhões de pessoas em todo o mundo não têm acesso a eletricidade, e cerca de 2,9 mil milhões de pessoas ainda usam combustíveis sólidos para cozinhar e aquecer as suas casas;
- Crescimento económico: o crescimento económico global é desigual, com muitos países em desenvolvimento a enfrentar desafios significativos correspondendo a 85% da população mundial;
- Alterações climáticas: as emissões de gases com efeito de estufa têm aumentado significativamente, contribuindo para a intensificação das alterações climáticas e impactando a vida na Terra.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), criados pela Organização das Nações Unidas (ONU), em 2015, foram estabelecidos para promover um desenvolvimento mais justo e sustentável para todos, até o ano de 2030 e consistem em 17 objetivos, divididos em metas específicas, que procuram integrar as dimensões económica, social e ambiental do desenvolvimento. Os ODS surgiram para dar continuidade aos Objetivos de Desenvolvimento do Milénio (ODM), estabelecidos em 2000, com o intuito de erradicar a pobreza extrema e promover o desenvolvimento humano até 2015. Os ODS ampliam a abrangência dos ODM e incluem objetivos como redução das desigualdades, consumo e produção sustentáveis, combate às alterações climáticas, entre outros.

Esta importante iniciativa compromete os países membros da ONU para alcançar um futuro mais justo, inclusivo e sustentável para todos. Estimula igualmente a cooperação internacional e a parceria entre diferentes setores da sociedade, incluindo governos, empresas, organizações da sociedade civil e cidadãos.

As alterações climáticas, como resultado mais evidente do desequilíbrio da relação Ser Humano *versus* Natureza, foram certamente um dos principais fatores que motivaram o estabelecimento dos ODS, sendo dos maiores desafios que a humanidade enfrenta na atualidade. Desde a Revolução Industrial, no século XVIII, a humanidade tem vindo a aumentar exponencialmente a utilização de combustíveis fósseis, para alimentar a sua economia e suprir as suas necessidades

energéticas. A queima desses combustíveis liberta na atmosfera grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2) e outros gases com efeito estufa.

Para além disso, a desflorestação e a degradação dos solos têm também contribuído para as alterações climáticas, pois as florestas e os solos absorvem grandes quantidades de CO_2. A desflorestação e a degradação dos solos reduzem a capacidade de absorção desses gases, o que aumenta a sua concentração na atmosfera e acelera as alterações climáticas. Nos últimos 50 anos, a Amazónia perdeu cerca de 17% da sua cobertura florestal original, correspondendo a aproximadamente 720 mil quilómetros quadrados de floresta. A maior desflorestação ocorreu nas décadas de 70 e 80, com cerca de 20 mil km^2 por ano.

As alterações climáticas têm impacto em todos os aspetos da vida no planeta. Por isso, é importante que a humanidade adote medidas para reduzir as emissões de gases com efeito estufa, proteger as florestas e os solos, e promover a sustentabilidade ambiental. Algumas consequências são já visíveis, incluindo:

- Aumento da temperatura: o aquecimento global está a causar um aumento da temperatura média do planeta, o que tem impacto nas condições climáticas e no equilíbrio ecológico. Os ODS procuram promover a redução das emissões de gases de efeito estufa para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais;
- Eventos climáticos extremos: as alterações climáticas estão a provocar um aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como tempestades, inundações, secas e ondas de calor, que têm impacto nas comunidades e na economia global. Os ODS procuram promover a resiliência das comunidades aos eventos climáticos extremos e reduzir os riscos para as pessoas e a economia;
- Segurança alimentar: as mudanças climáticas têm impacto na produção de alimentos e na segurança alimentar. A falta de água, o aumento da temperatura e o aumento de eventos climáticos extremos afetam a produção de culturas e a disponibilidade de alimentos. Os ODS procuram promover a produção de alimentos sustentáveis e a proteção das florestas, que são essenciais para a segurança alimentar;
- Saúde: A poluição do ar, água e solos, e as consequentes alterações ambientais, têm impacto na saúde das pessoas, provocando o aumento da incidência de doenças relacionadas com a degradação da qualidade de vida daí decorrente (respiratórias, cardiovasculares, relacionadas com o clima, como a malária e a dengue, cancro, ansiedade e depressão, entre várias outras). Os ODS procuram promover a saúde e o bem-estar para todas as pessoas,

independentemente da sua origem ou condição socioeconómica, por meio da implementação de políticas que contribuam para, *e.g.,* reduzir a poluição do ar e promover garantir a qualidade da água.

Enfrentar estes desafios exige a adoção de uma abordagem que englobe os impactos sociais, humanos, económicos e ambientais. Isto requer novos tipos de engenharia e de engenheiros devidamente sensibilizados para incorporar os valores e os objetivos do desenvolvimento sustentável na sua prática diária. Por outro lado, também os governos, os decisores políticos, as empresas e a comunidade em geral, necessitam de entender o papel fundamental da engenharia e dos seus profissionais para esse desenvolvimento sustentável.

DAS SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS DA ENGENHARIA… DO FUTURO!

Desenho

"Traça a reta e a curva,
a quebrada e a sinuosa
Tudo é preciso.
De tudo viverás.
Cuida com exatidão da perpendicular
e das paralelas perfeitas.
Com apurado rigor.
Sem esquadro, sem nível, sem fio de prumo,
traçarás perspetivas, projetarás estruturas.
Número, ritmo, distância, dimensão.
Tens os teus olhos, o teu pulso, a tua memória.
Construirás os labirintos impermanentes
que sucessivamente habitarás.
Todos os dias estarás refazendo o teu desenho.
Não te fatigues logo. Tens trabalho para toda a vida.
E nem para o teu sepulcro terás a medida certa.
Somos sempre um pouco menos do que pensávamos.
Raramente, um pouco mais."

Cecília Meireles

Os engenheiros mudam o mundo há milénios. Avanços da ciência e da tecnologia levaram ao desenvolvimento de soluções de engenharia que têm sustentado as sucessivas revoluções industriais, impulsionando o crescimento económico e a qualidade de vida humana, de uma forma geral, por um lado, mas

também criando pressão sobre os recursos e alterando os equilíbrios instáveis na Natureza, por outro. Considerando a prossecução dos ODS, os engenheiros são, mais do que nunca, chamados a desempenhar um papel fundamental na criação de "um mundo melhor para todos" que "não deixe ninguém para trás", respeitando de forma absoluta a Natureza e as Pessoas, nas suas diversas dimensões.

Assim, a engenharia continuará a desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento humano, com particular relevância na realização dos ODS da ONU. Para alcançar esses objetivos, a engenharia deverá concentrar-se em áreas-chave como:

- Energia limpa e acessível: desenvolver novas tecnologias para geração de energia acessível a partir de fontes renováveis, melhorar a eficiência energética, implementar sistemas de armazenamento de energia e desenvolver soluções para acesso à energia em áreas remotas;
- Eficiência energética: criação de edifícios, veículos e equipamentos mais eficientes em termos de consumo de energia, incluindo o uso de materiais mais sustentáveis, o design de sistemas mais eficientes e a adoção de tecnologias inovadoras minimizando o consumo de energia;
- Sistemas de transporte sustentáveis: trabalhar na criação de sistemas de transporte mais eficientes e limpos, incluindo veículos elétricos, transportes públicos e tecnologias de partilha de transportes. A engenharia também precisará de trabalhar para integrar esses sistemas em comunidades urbanas e rurais de forma sustentável;
- Infraestrutura resiliente e sustentável: contribuir para o planeamento e construção de edifícios, estradas, pontes, portos, aeroportos e outras infraestruturas resilientes e sustentáveis, considerando os impactos ambientais e sociais;
- Cidades inteligentes e sustentáveis: contribuir para o desenvolvimento de soluções tecnológicas para melhorar a qualidade de vida nas cidades, como transportes sustentáveis, gestão de resíduos, sistemas de iluminação eficientes, entre outros;
- Gestão de água e de resíduos: criação de sistemas de gestão de água e de resíduos mais eficientes e sustentáveis. Isso incluirá a criação de sistemas de tratamento de água mais eficientes, a redução do desperdício de água e a adoção de tecnologias inovadoras para gerir resíduos sólidos, líquidos e gasosos;
- Agricultura e alimentação sustentáveis: criação de sistemas, incluindo o desenvolvimento de técnicas agrícolas, sistemas de irrigação eficientes e a adoção de tecnologias inovadoras para melhorar a produção de alimentos, mais eficientes e de maneira mais sustentável.

- Produção e consumo responsáveis: desenvolver tecnologias e processos que reduzam o consumo de recursos naturais, minimizando a geração de resíduos e poluição, e promovendo a economia circular e os bioprocessos.

A exploração do mar e dos seus recursos será igualmente um aspeto particularmente relevante das atividades relacionadas com a engenharia. Os oceanos cobrem mais de 70% da superfície da Terra e possuem uma grande variedade de recursos naturais que podem, e devem ser explorados de forma sustentável. Algumas das áreas de exploração marinha que podem ser relevantes para a engenharia no futuro incluem:

- Energia: o mar é uma fonte potencialmente significativa de energia renovável, incluindo energia das ondas, marés e correntes. Os engenheiros podem trabalhar no desenvolvimento de tecnologias para extrair essa energia de forma eficiente e sustentável;
- Extração: o fundo do mar contém minerais valiosos, como cobre, zinco, níquel e cobalto, que são essenciais para a produção de muitas tecnologias modernas, incluindo baterias, sistemas de comunicação e turbinas eólicas. Os engenheiros podem trabalhar no desenvolvimento de tecnologias de mineração submarina seguras, eficientes e que respeitem o meio ambiente;
- Investigação: os oceanos também oferecem muitas oportunidades para a investigação científica e o desenvolvimento de novas tecnologias. Os engenheiros podem trabalhar em veículos submarinos autónomos e equipamentos de investigação para recolher amostras, fazer bioprospecção de organismos e compostos de valor acrescentado, e mapear o fundo do mar e estudar a vida marinha;
- Transporte: o transporte marítimo é uma das formas mais eficientes e económicas de transporte de mercadorias em todo o mundo. Os engenheiros podem trabalhar no desenvolvimento de novos navios e tecnologias para tornar o transporte marítimo mais seguro, eficiente e sustentável.

A exploração espacial é uma área fascinante e cada vez mais importante da engenharia. Oferece oportunidades únicas para o avanço do conhecimento científico e tecnológico, bem como para o desenvolvimento de novas tecnologias que podem beneficiar a humanidade em muitas áreas, incluindo domínios como:

- Tecnologia: a exploração espacial pode levar a desenvolvimentos com aplicações em muitas áreas, desde a medicina até à indústria. Por exemplo, a tecnologia de microgravidade desenvolvida para a exploração espacial pode ser usada para desenvolver novos materiais e medicamentos;

- Energia: a exploração espacial também pode ajudar a desenvolver novas fontes de energia, como a energia solar e a de fusão nuclear, com aplicação na Terra. Pode também ajudar a melhorar as tecnologias de armazenamento de energia, cruciais para a transição energética;
- Recursos: a exploração espacial pode permitir identificar e desenvolver novas fontes de recursos, como minerais e hídricos, contribuindo para ajudar a alimentar a economia e a sustentar a vida humana. A exploração de asteroides pode fornecer novas fontes de minerais e metais preciosos que podem ser usados para produzir tecnologias sustentáveis, como baterias para carros elétricos e painéis solares. Essa abordagem de mineração espacial pode ser uma alternativa mais sustentável do que a mineração terrestre, que tem impactos negativos no meio ambiente e nas comunidades locais;
- Ambiente: A exploração espacial também pode ajudar a entender melhor o ambiente da Terra e a monitorizar as alterações climáticas, as mudanças na cobertura terrestre e a qualidade do ar e da água. Essas informações podem ser usadas para tomar decisões mais informadas e desenvolver tecnologias e práticas mais sustentáveis.

Os satélites, cada vez mais sofisticados e de dimensões mais reduzidas, continuarão a desempenhar um papel fundamental na questão da sustentabilidade, fornecendo informações precisas e em tempo real. Com a ajuda de satélites, os governos e as empresas podem monitorizar e gerir os seus recursos naturais de forma mais eficaz. Assim, os satélites podem fornecer imagens de alta resolução que podem ser usadas para monitorizar a desflorestação e a degradação da floresta, bem como para identificar áreas que necessitam de proteção e recuperação. Por outro lado, também o nível de água dos lagos, rios e reservatórios, poderá ser controlado a partir de satélites, antecipando e, eventualmente, prevenindo inundações e secas. No que respeita à qualidade do ar e da água, os satélites poderão ser uma ferramenta fundamental dando indicações dos níveis de poluição, permitindo aos decisores tomar medidas atempadas evitando situações ambientais críticas. Adicionalmente, os satélites podem igualmente fornecer imagens em tempo real de desastres naturais, como terramotos, furacões e tsunamis, permitindo que os governos e as organizações de ajuda humanitária respondam rápida e eficientemente. Além disso, a tecnologia de satélite também pode ser usada para fornecer serviços de comunicação e navegação, melhorando a eficiência e a segurança em muitas áreas, como transportes, agricultura e logística.

A Escola de Engenharia da Universidade do Minho, através da sua estrutura de recursos físicos e humanos, continuará a contribuir fortemente para

a geração, valorização e transferência de conhecimento inovador nos diversos domínios, necessários para atingir estes objetivos. Áreas como a engenharia ambiental, biológica, de processo, de energia, de materiais, de estruturas, e de *software* e tecnologias da informação, serão essenciais para fornecer soluções inovadoras, que ajudem a garantir o fornecimento de água potável, o acesso à energia limpa, o desenvolvimento de novos materiais e tecnologias de fabrico, a criação de infraestrutura urbana, além de tecnologias de informação e comunicação mais sustentáveis e acessíveis para promover a colaboração global. Com soluções inovadoras e sustentáveis, a engenharia ajudará a criar um futuro mais próspero e justo para todos.

DOS ENGENHEIROS DO FUTURO… PESSOAS!

O Sonho

"Pelo Sonho é que vamos,
comovidos e mudos.
Chegamos? Não chegamos?
Haja ou não haja frutos,
pelo sonho é que vamos.
Basta a fé no que temos,
Basta a esperança naquilo
que talvez não teremos.
Basta que a alma demos,
com a mesma alegria,
ao que desconhecemos
e do que é do dia-a-dia.
Chegamos? Não chegamos?
Partimos. Vamos. Somos."

Sebastião da Gama

Apesar do enorme contributo da engenharia para a resolução de desafios sociais e ambientais, a resposta global para enfrentar esses desafios tem sido insuficiente, deixando as pessoas e os países mais vulneráveis em maior risco. Uma abordagem mais interdisciplinar e inclusiva é fundamental para enfrentar os desafios globais de maneira equilibrada e holística, especialmente quando se trata de cumprir os ODS da ONU. Para isso, é necessária uma força de trabalho diversificada e inclusiva, implementando soluções que garantam que os produtos de engenharia e tecnologia sejam acessíveis a todos.

A inclusão na prática da engenharia é essencial para garantir que as soluções técnicas criadas sejam acessíveis e atendam às necessidades de todas as pessoas, independentemente das suas origens, capacidades ou limitações. Essa prática deverá envolver a promoção de uma cultura inclusiva dentro da comunidade de engenharia, onde todas as vozes são ouvidas e todos são são valorizados, envolvendo também o *design* e a criação de produtos e soluções que tenham em consideração a diversidade dos seus utilizadores finais. Os engenheiros devem trabalhar em estreita colaboração com as comunidades que beneficiarão das suas soluções garantindo que estas sejam verdadeiramente inclusivas. Esta inclusão também requer o recrutamento e a retenção de uma força de trabalho diversificada e a criação de oportunidades de desenvolvimento profissional para todos os engenheiros, independentemente da sua origem ou identidade.

Estudos demonstram a necessidade de formar e capacitar mais engenheiros, especialmente em países em desenvolvimento, onde vive a maior geração de jovens da história (1,8 mil milhões). Segundo a UNESCO, a Ásia e a África são as regiões com a maior escassez de engenheiros em relação à população, seguidas pela América Latina e pelo Médio Oriente.

As competências inerentes à prática da engenharia têm mudado significativamente nos últimos anos, prevendo-se que esse ajustamento seja mais pronunciado no futuro próximo. Assim, à medida que a inteligência artificial, o "*machine learning*" e o uso da robótica afastam os humanos das habilidades práticas que eram sinónimo de engenharia no passado, a necessidade de pessoas com competências anteriormente descritas como "*soft skills*" assumem-se, cada vez mais, como as "*critical skills*" do futuro. Competências como resiliência, agilidade, capacidade de adquirir novos conhecimentos, trabalho em equipa e comunicação, serão tão importantes, senão mais importantes, do que o conhecimento técnico detalhado que anteriormente era valorizado na engenharia. Assim, o perfil do engenheiro do futuro é cada vez mais voltado para a sustentabilidade e a inovação, incluindo:

- Visão estratégica: capacidade de entender os impactos de longo prazo das decisões tomadas e de antecipar as tendências do mercado;
- Conhecimento técnico: habilidade de aplicar conhecimentos técnicos especializados em diferentes áreas, incluindo automação, inteligência artificial, robótica, nanotecnologia, entre outras;
- Aprendizagem contínua: atualização constante e permanente, devido à velocidade das mudanças e novidades tecnológicas;

- Trabalho em equipa: capacidade de colaborar efetivamente com outras áreas e perfis profissionais em projetos multidisciplinares;
- Pensamento crítico: capacidade de analisar informações e identificar soluções para problemas complexos;
- Liderança: capacidade para liderar projetos e equipas com excelência, incluindo a capacidade de influenciar positivamente as pessoas.
- Conhecimentos interdisciplinares: capacidade de entender as interfaces de diferentes disciplinas, bem como de trabalhar de forma transdisciplinar em soluções integradas;
- Habilidades socio-emocionais: competências como empatia, resiliência, flexibilidade e competências de comunicação, que são cada vez mais valorizadas no mercado de trabalho.

Em resumo, o engenheiro do futuro deve ser um profissional altamente qualificado, flexível e capaz de enfrentar os desafios tecnológicos e sociais que surgem num mundo em constante mudança. Além disso, deve estar totalmente comprometido com a sustentabilidade e a inovação, visando a construção de um futuro melhor para as gerações presentes e futuras.

REFERÊNCIAS

The sustainable development goals progress report 2020, United Nations Economic and Social Council, 2020. Disponível em: https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2020/secretary-general-sdg-report--2020--EN.pdf.

Engenharia para o desenvolvimento sustentável, UNESCO, International Centre for Engineering Education, ISBN 978-65-86603-26-2, 2022.

WFEO engineering 2030: a plan to advance the achievement of the UN Sustainability Goals through engineering, WFEO – World Federation of Engineering Organizations, 2018. Disponível em: www.wfeo.org/wp-content/uploads/un/WFEO-ENgg-Plan_final.pdf.

Water, the future that we want, WFEO – World Federation of Engineering Organization, Madrid Declaration, 2018. Disponível em: www.wfeo.org/wp-content/uploads/declarations/Madrid_Declaration_ENG.pdf.

Jackson, P.; Mellors-Bourne, R., *Talent 2050: engineering skills and education for the future*, National Centre for Universities and Business, 2018. Disponível em: www.ncub.co.uk/reports/talent-2050-engineering-skills-and-education-for-the-future.

Cracking the code: girls' and women's education in science technology, engineering and mathematics (STEM), UNESCO – United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, 2017. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253479.

World energy scenarios 2016: the grand transition, WEC – World Energy Council, London, 2016. Disponível em: https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-scenarios-2016-the-grandtransition.

Promoting responsible conduct of big data and AI innovation and application in engineering, WFEO – World Federation of Engineering Organizations, 2019. Disponível em: http://www.wfeo.org/big-dataand-ai-principles-in-engineering.

Vinuesa, R. et al., *The role of Artificial Intelligence in achieving the Sustainable Development Goals*, Nature Communications, v. 11, n. 233, 2020.

Internet of things in smart cities, KPMG, 2019. Disponível em: https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/in/pdf/2019/05/urban-transformation-smart-cities-iot.pdf

Graham, R., *The global state of the art in engineering education*, Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 2018. Disponível em: https://www.rhgraham.org/resources/Global-state-ofthe-art-in-engineering-education---March-2018.pdf.