



Módulo 1

*Engenharia Holística de
Impacto: Integrar
Pensamento Sistémico,
Responsabilidade Social e
Abordagens
Multidisciplinares*

*Institut Mines-Télécom
Business School (IMTBS)*



Co-funded by
the European Union

01 Engenharia Holística de Impacto 4

- Tempo gasto 4
- Competências 4
- Alinhamento com os ODS 5
- Competências e conhecimentos 6
- Tabela Matriz 7
- Metodologias de ensino aplicadas neste módulo 8
- Pedagogias 9

02 C10: Ambiente Interligado, Sociedade e Economia 10

- Resultados de Aprendizagem 10
- **Atividade 1_Nível Básico** 11
 - Uma introdução ao design de sistemas e ao pensamento do ciclo de vida completo
- **Atividade 2_Avançado** 12
 - Mapeamento de todo o sistema
- **Atividade 3_Atividade Integrada** 13
 - Mapeamento de sistemas completos na prática
- Pedagogias de ensino aplicadas 14
- Referências Diretas 15
- Avaliação de Nível I – Básico 16

03 C11: Responsabilidade Ética e Social 18

- Resultados de Aprendizagem 18
- **Atividade 1_Nível Básico** 19
 - A engenharia e o seu impacto mais amplo
- **Atividade 2_Avançado** 20
 - A Responsabilidade Social e a Norma SA8000
- **Atividade 3_Atividade Integrada** 24
 - Ética e Responsabilidade Social na Prática
 - Mapeamento de sistemas completos na prática
- Pedagogias de ensino aplicadas 27
- Referências Diretas 28
- Avaliação de Nível I – Básico 29

04 C12: Cultural e Multidisciplinar Perspetiva 31

- Resultados de Aprendizagem 31
- **Atividade 1_Nível Básico** 32
 - Desafios Urbanos de Múltiplas Perspectivas
- **Atividade 2_Avançado** 33
 - Multiperspetiva de sustentabilidade dos Smartphones
- **Atividade 3_Atividade Integrada** 34
 - Reduzir o plástico no campus
- Pedagogias de ensino aplicadas 36
- Referências Diretas 37
- Avaliação de Nível I – Básico 38



Co-funded by
the European Union

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. O autor é o único responsável por esta publicação (comunicação) e a Comissão não se responsabiliza por qualquer utilização que possa ser feita da informação nela contida. Em conformidade com o novo RGPD, informamos que a Parceria apenas tratará os seus dados pessoais no interesse e finalidade exclusivos do projeto e sem qualquer prejuízo dos seus direitos.

Módulo 1

Engenharia Holística de Impacto: Integrando Pensamento Sistémico, Responsabilidade Social e Abordagens Multidisciplinares

Objetivo de aprendizagem

Os alunos desenvolverão a capacidade de avaliar criticamente e conceber soluções de engenharia sustentáveis aplicando o pensamento sistémico, integrando a responsabilidade social e recorrendo a perspetivas multidisciplinares.

Aprenderão a reconhecer interligações complexas entre factores ambientais, sociais e económicos e responderão com abordagens eticamente informadas e sensíveis ao contexto.

Este módulo explora como os engenheiros podem abordar os desafios da sustentabilidade através do pensamento sistémico, da responsabilidade ética e da colaboração multidisciplinar.

Os alunos irão examinar problemas do mundo real, avaliar compromissos e praticar a utilização de ferramentas e estruturas que promovam soluções de engenharia socialmente justas, ambientalmente responsáveis e globalmente relevantes.

Tempo a dedicar

O tempo que o aluno deve dedicar para completar todos os níveis de atividades é entre 5 horas e 15 minutos e 9 horas, se todos os níveis de atividades estiverem concluídos.

Módulo 2	Competências	Minutos	Minutos	Horas
	Competência 10	105 - 180		
	Competência 11	105 - 180	315 - 540	5, 15' - 9
	Competência 12	105 - 180		

O tempo que o aluno deve dedicar para completar todos os níveis de atividades é entre 5 horas e 15 minutos e 9 horas, se todos os níveis de atividades estiverem concluídos.

Níveis do Módulo	Nível 1 Básico	45' - 90'
	Nível 2 Avançado	90' - 180'
	Atividade de Integração	180' - 270'

Competências

C10: AMBIENTE, SOCIEDADE E ECONOMIA INTERCONECTADOS

Capacidade de aplicar o pensamento sistêmico na engenharia da sustentabilidade, reconhecendo e abordando as interligações entre fatores ambientais, sociais e económicos, ao mesmo tempo que projeta soluções que se mantêm dentro dos limites planetários e têm em conta a disponibilidade finita de recursos. *Os alunos aprenderão a compreender e a responder a desafios complexos de sustentabilidade, identificando as interligações entre fatores ambientais, sociais e económicos. Utilizando ferramentas como a análise do ciclo de vida e o mapeamento de sistemas, irão avaliar compromissos, antecipar consequências não intencionais e conceber soluções que considerem impactos imediatos e a longo prazo em todos os sistemas.*

C11: RESPONSABILIDADE ÉTICA E SOCIAL

Capacidade de integrar a responsabilidade ética e social nas decisões de sustentabilidade, considerando a justiça ambiental, a responsabilidade corporativa e a equidade social. *Os alunos desenvolverão a capacidade de incorporar a responsabilidade ética e social nas decisões de engenharia. Explorarão temas como a justiça ambiental, a responsabilidade corporativa e a equidade social, aprendendo a avaliar como as práticas de engenharia afetam os trabalhadores, as comunidades e as populações vulneráveis, e a conceber soluções que promovam a justiça e a inclusão.*

C12: PERSPECTIVAS CULTURAIS E MULTIDISCIPLINÁRIAS

Capacidade de incorporar perspetivas culturais e multidisciplinares em sustentabilidade, integrando diversos pontos de vista, incluindo o conhecimento indígena, para criar soluções globalmente relevantes. *Os alunos aprenderão a integrar insights de áreas para além da engenharia – como a economia, a sociologia e as ciências ambientais – para fundamentar o design sustentável. Praticarão o trabalho com perspetivas diversas para criar soluções social e culturalmente relevantes, reconhecendo que desafios globais complexos exigem abordagens interdisciplinares.*

Alinhamento com os ODS

As competências desenvolvidas neste módulo estão alinhadas com os seguintes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável delineados na Agenda 2020-2030:

- ODS 4 Educação de qualidade:**A educação ética em engenharia promove o pensamento crítico e a literacia em sustentabilidade, capacitando os alunos para tomarem decisões informadas e responsáveis para os desafios globais.
- ODS 7 Energia acessível e limpa:**As abordagens éticas e baseadas em sistemas ajudam a conceber soluções energéticas equitativas e sustentáveis que considerem as dimensões ambientais, técnicas e sociais.
- ODS 9 Indústria, Inovação e Infraestruturas:**O pensamento sistémico crítico permite o desenvolvimento de uma infraestrutura sustentável e inclusiva que integra considerações éticas e inovação multidisciplinar.
- ODS 10 Reduzir as Desigualdades:**A engenharia com uma perspetiva de responsabilidade social garante que os benefícios e impactos da tecnologia são distribuídos de forma justa, abordando as desigualdades sistémicas.
- ODS 11 Cidades e Comunidades Sustentáveis:**Construir sistemas urbanos éticos requer integrar diversas áreas de conhecimento e garantir que os projetos atendem às necessidades de todas as comunidades, especialmente das mais vulneráveis.
- ODS 12 Consumo e Produção Responsáveis:**A análise crítica dos sistemas de produção e das cadeias de abastecimento promove a tomada de decisões éticas e apoia práticas circulares e sustentáveis na engenharia.
- ODS 13 Ação Climática:**Enfrentar os desafios climáticos exige pensamento sistémico e responsabilidade ética para garantir que as soluções de engenharia são justas, inovadoras e globalmente relevantes.
- ODS 16 Paz, Justiça e Instituições Fortes:**A prática de engenharia baseada na ética apoia a integridade institucional, a transparência e a justiça, essenciais para promover a paz e a resiliência.
- ODS 17 Parcerias para os Objectivos:**A resolução de problemas complexos de sustentabilidade exige colaboração interdisciplinar e envolvimento ético entre setores, nações e disciplinas.

Competências e conhecimento

Competências

14S RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Capacidade de resolver problemas complexos.

15S CRÍTICO

Competências de pensamento crítico

16S PREVISÃO

Competências para previsão estratégica e planejamento de cenários

19S PARTICIPAÇÃO

Competências para gerar stakeholders, engagement, negociação e gestão de conflitos

20S COLABORADOR

Competências para colaboração com uma gama das partes interessadas e disciplinas

21S COMUNICAÇÃO

Capacidades de comunicação eficazes
Com uma variedade de públicos

16S SISTÊMICO

Competências para aplicar o pensamento sistêmico

16S MULTIDISCIPLINAR

Competências para trabalhar com equipes multidisciplinares, abordagens e ambientes

16S ÉTICA

Competências para incluir uma abordagem ética na resolução de problemas

16S EMPATIA

Competências para entender as necessidades dos utilizadores e melhorar a vida das pessoas

Conhecimento

01K CONTEXTO

Compreender a evolução da sustentabilidade e dos ODS

02K ODS

Ligação entre engenharia e sustentabilidade e os ODS

04K GLOBAL

Influências geopolíticas e económicas sobre sustentabilidade

SOCIEDADE 07K

Aplicando a sustentabilidade e os sistemas sociais no mundo real

10K MELHORES PRÁTICAS

Conhecer projetos reais de engenharia em cujo processo a sustentabilidade está presente

Matriz

Competências, Aptidões e Conhecimentos

Competências Transversais		C10	C11	C12
RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	S14			
CRÍTICAS	S15			
Conhecimento		C10	C11	C12
CONTEXTO	K01			
ODS	K02			
LIMITES	K03			
AMEAÇAS	K05			
SOCIEDADE	K07			

Metodologias de ensino aplicado neste módulo:

Este módulo utiliza métodos de ensino interativos e orientados para a investigação para ajudar os alunos a desenvolver competências-chave em sustentabilidade na engenharia: pensamento sistémico, responsabilidade ética e social e a capacidade de trabalhar em diferentes disciplinas. Através de atividades como análise de casos, resolução de problemas, dramatização e pesquisa guiada, os alunos irão explorar desafios complexos do mundo real e praticar a integração de considerações ambientais, sociais e económicas. O objetivo é preparar os alunos para conceber soluções conscientes e responsáveis que reflitam a natureza interligada da sustentabilidade.

Aprendizagem reflexiva:

Apoia o crescimento pessoal e ético, incentivando os alunos a examinar os seus valores, pressupostos e os impactos mais amplos das decisões de engenharia.

Aprendizagem entre pares:

Aumenta a compreensão através da troca de perspetivas diversas, incentivando a colaboração e a perceção interdisciplinar.

Exercício de pensamento sistémico:

Desenvolve a capacidade de reconhecer padrões, ciclos de feedback e interdependências dentro dos desafios da sustentabilidade.

Gamificação:

Envolve os alunos através de cenários interativos que simulam trade-offs do mundo real, reforçando a tomada de decisões em sistemas complexos.

Aprendizagem baseada na investigação:

Desenvolve o pensamento independente, incentivando os alunos a explorar questões de sustentabilidade através de pesquisas e questionamentos orientados.

Debate Socrático:

Melhora o raciocínio ético e as competências de argumentação através de diálogo estruturado sobre tópicos contestados de sustentabilidade.

Aprendizagem baseada em casos:

Incentiva a análise contextual das decisões de engenharia, enfatizando as consequências do mundo real e as perspetivas das partes interessadas.

Interpretação de papéis:

Envolve os alunos em múltiplas funções de partes interessadas para praticar a empatia, o julgamento ético e a negociação em contextos de sustentabilidade.

Simulação:

Oferece aprendizagem experiencial em sistemas dinâmicos, ajudando os alunos a explorar impactos a longo prazo e complexidades éticas das decisões de engenharia.

Missões na Web:

Orienta os alunos na procura e avaliação de informação interdisciplinar, fortalecendo as competências de investigação em domínios técnicos e sociais.

Consulta Guiada:

Combina a estrutura e a autonomia para apoiar a exploração de questões de sustentabilidade através de diversas lentes, incluindo a equidade social e o impacto ambiental.

Aprendizagem Baseada em Problemas:

Promove a resolução colaborativa de problemas em desafios abertos, integrando o pensamento sistémico, a ética e perspetivas interdisciplinares.

Matriz

Pedagogias

Ensino Pedagógico		C10	C11	C12
Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)	P01			
Aprendizagem Baseada em Casos	P02			
Design Thinking	P03			
Dramatização e Simulação	P04			
Microaprendizagem	P09			
Narrativa digital	P11			
Aprendizagem Baseada em Desafios	P14			
Aprendizagem por pares / Revisão por pares	P15			
Aprendizagem Baseada em Projetos	P16			
Prática Reflexiva / Diários de Aprendizagem	P19			
Exercícios de pensamento sistêmico	P20			

Resultados de aprendizagem

Após a conclusão das atividades básicas, os alunos serão capazes de explicar a interligação entre a ação humana e os impactos sociais e ambientais globais (positivos e negativos), bem como a forma como os projetos e ações feitos pelo homem dependem e estão inseridos nos sistemas ecológicos e sociais.

Ao completar as atividades avançadas, os alunos serão capazes de identificar e aplicar conceitos relevantes das disciplinas obrigatórias ao estudo de problemas do mundo real e das suas soluções, com consideração empática e ética pelas comunidades/sociedades, justiça ambiental e consciência cultural.

Competências



PARTICIPAÇÃO



CRÍTICA



RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS

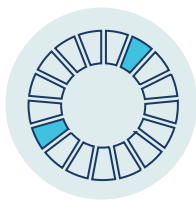


SISTÊMICO



ÉTICA

Conhecimento e Compreensão



ODS



AMBIENTAL



SOCIEDADE



AMEAÇAS

Atividade 1_Nível Básico: Uma Introdução ao Design de Sistemas e ao Pensamento do Ciclo de Vida

INTRODUÇÃO

Através desta atividade, os alunos aprenderão a compreender a interligação das ações humanas com os sistemas ambientais e sociais. Utilizando o método de design de Mapeamento de Sistemas Integrados, os alunos são introduzidos ao pensamento sistêmico e a novos métodos de medição de impacto.

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

1. **Assista ao vídeo “Whole Systems Design: Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida”** introduzindo o pensamento sistêmico (6 minutos)
2. **Discuta as suas descobertas em turma.** desenvolvendo a partir das questões de discussão do seu instrutor.

M1_C10_A1_R1_T1

DESCRIÇÃO (15 - 30 min)

Comece por fazer com que os seus alunos assistam ao “**Design de Sistemas Integrados: Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida**” Introdução ao pensamento sistêmico (6 minutos). Promova a discussão em sala de aula com questões como:

1. O vídeo apresenta o conceito de observação do sistema como um todo. Usando o exemplo da máquina de secar roupa, o que é que o vídeo nos mostra que está incluído no "sistema" para além da máquina de secar em si? Porque motive alargar a definição do problema para incluir o sistema como um todo (como as roupas são sujas, lavadas e secas) é tão importante para encontrar soluções sustentáveis?

Esta questão estimula os alunos a relembrar como o limite do sistema é expandido e a justificação para tal.

2. O vídeo enfatiza a consideração de todo o ciclo de vida de um produto ou serviço. Quais são as fases do ciclo de vida de um produto referidas no vídeo que têm impactos ambientais? De acordo com o vídeo, como é que a análise do ciclo de vida completo, talvez utilizando um método como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), ajuda os engenheiros a determinar onde concentrar os seus esforços para melhorias na sustentabilidade?

Esta questão realça o conceito de ciclo de vida e a sua utilidade na priorização de esforços com base no impacto.

3. O vídeo sugere que analisar todo o sistema e o ciclo de vida pode levar a soluções mais inovadoras. Pode descrever o exemplo específico em que a solução para uma máquina de secar mais sustentável foi encontrada na troca da máquina de lavar roupa? Porque é que pensar no sistema para além da máquina de secar levou a este tipo de solução? E que outro tipo de ideias "radicais" sugere o vídeo que poderiam surgir desta visão ampla?

Esta questão liga os conceitos de pensamento sistêmico e de ciclo de vida ao geração de inovações não óbvias e potencialmente radicais.

Atividade 2_Mapeamento Avançado de Sistemas Completos

INTRODUÇÃO

Nesta lição, os alunos aprenderão a utilizar o Mapeamento Integral de Sistemas para identificar oportunidades de sustentabilidade em todo o ciclo de vida e contexto de um produto. Ao analisar elementos do sistema, definir prioridades e mapear soluções, os alunos praticam a aplicação do pensamento sistêmico para desenvolver projetos de engenharia inovadores e responsáveis.

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

1. Assista ao vídeo “Mapeamento de todo o sistema - Mergulho Profundo” (30 minutos).

M1_C10_A2_R1_T2

2. Discuta as suas descobertas em aula, com base nas questões de discussão do seu instrutor.

DESCRIÇÃO (45-60 min)

Comece por pedir aos alunos que vejam o vídeo sobre o Mapeamento de Sistemas Integrados (30 minutos). Promova a discussão em turma ou divida os alunos em grupos para discutir questões como (15 a 30 minutos):

- De acordo com o vídeo, qual é o propósito geral do Mapeamento de Sistemas Integrados e como pode ajudar a transformar a sustentabilidade de um fardo numa ferramenta de inovação?
- Considerando a primeira atividade, "Desenhar o mapa do sistema", que diferentes tipos de elementos (para além apenas das partes físicas ou da "lista de materiais") estão incluídos no mapa para um produto como o exemplo do frigorífico? Porque é importante incluir aspetos como o ciclo de vida completo (desde a matéria-prima até ao fim de vida), a interação do utilizador e outros aspetos com os quais o produto é utilizado?
- O vídeo enfatiza a adição de ligações (setas) ao mapa do sistema. O que representam estas ligações no exemplo do frigorífico e porque acha que mostrar estas ligações é valioso para a compreensão do sistema?
- Passando para a segunda atividade, "Definir prioridades", o vídeo recomenda a utilização de ferramentas como a ACV. Que informações fornecem a ACV ou scorecards semelhantes que auxiliam nesta etapa?

O vídeo destaca ainda a definição de diferentes tipos de prioridades, como as prioridades de sustentabilidade e as prioridades empresariais ou dos utilizadores. Porque é importante considerar os dois tipos em conjunto?

- Na terceira atividade, "Brainstorming de soluções no mapa do sistema", como é que colocar ideias diretamente no mapa ajuda a tornar o brainstorming mais "completo" e mais "radical"? Consegue recordar-se de um exemplo do vídeo de uma ideia que foi considerada "radical" e como é que isso se relacionou com a eliminação de partes do mapa do sistema?
- Por fim, na fase "Decidir sobre os vencedores", como são utilizadas as prioridades definidas anteriormente no processo para avaliar as ideias geradas pelo brainstorming? O vídeo mostra a utilização de uma matriz de decisão. Quais são as principais informações incluídas nesta matriz (para além das próprias ideias) e como é que ajuda a comparar possíveis soluções?
- O vídeo refere que a matriz de decisão é uma ferramenta para auxiliar o pensamento crítico, e não algo a ser seguido "de forma servil". Com base nos exemplos apresentados (como a porta de vidro ou o isolamento a vácuo do painel), que fatores o podem fazer questionar as pontuações iniciais na matriz ou levá-lo a combinar ideias diferentes?

Se desejar, atribua aos alunos uma ou mais das questões acima referidas como trabalho de casa.

Atividade 3_Atividade Integrada Mapeamento de Sistemas Inteiros na Prática

INTRODUÇÃO

Nesta atividade, os alunos trabalharão em grupo para aplicar o Mapeamento Integral de Sistemas a um produto ou serviço real. Mapearão visualmente o sistema, identificarão as principais prioridades utilizando o pensamento do ciclo de vida, farão um brainstorming de possíveis melhorias e avaliarão soluções com base em objetivos de sustentabilidade. Esta atividade prática desenvolve competências de pensamento sistêmico e ajuda os alunos a conceber soluções de engenharia mais inovadoras e responsáveis.

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

1. Se ainda não assistiu, veja o vídeo sobre Mapeamento de Sistemas Completos – Deep Dive (30 minutos, opcional)
1. Crie um mapa de um produto ou serviço
2. Utilize uma Avaliação do Ciclo de Vida para definir uma prioridade ambiental, económica ou social (por exemplo, reduzir o custo ambiental de um projeto de construção) e equilibra-la com as outras duas.
3. Faça um brainstorming sobre o mapa do sistema desenvolvido para incentivar a ideação completa e radical.
4. Partilhe com a sua turma e vote num mapa de sistema vencedor

M1_C10_A3_R1_T3

DESCRIÇÃO (60-90 min)

Divida a turma em grupos para realizar um exercício de Mapeamento Integral de Sistemas. Se ainda não exibiu o vídeo de Mergulho Profundo, mostre-o primeiro (30 minutos). Em alternativa, explique o Mapeamento Integral de Sistemas aos alunos.

M1_C10_A3_R1_T4

Comece por uma descrição do **Método de mapeamento de todo o sistema**, ou utilize o vídeo fornecido para o apresentar. As quatro etapas do exercício de mapeamento são (30 a 60 minutos):

1. Mapeie visualmente o sistema do produto ou serviço
2. Utilize uma Avaliação do Ciclo de Vida para definir uma prioridade ambiental, económica ou social (por exemplo, reduzir o custo ambiental de um projeto de construção) e equilibra-la com as outras duas.
3. Faça um brainstorming sobre o mapa do sistema desenvolvido para incentivar a ideação completa e radical.
4. Escolha uma ideia vencedora com base nas prioridades do curso e na sua estimativa de desempenho da ideia.

Dependendo da flexibilidade do seu curso, este exercício pode ser condensado num único período de 30 a 60 minutos ou prolongado como uma atividade de integração mais longa, com uma duração de até 90 minutos (ver acima). Pode também atribuir a atividade inicial de brainstorming da secção Nível 1 - Básico como trabalho de casa a ser discutido na aula seguinte. O exercício de Mapeamento Integral de Sistemas também pode ser atribuído fora da aula como trabalho de casa ou projeto.

Pedagogias de ensino aplicadas:

Pedagogias para o Nível 1 _Atividade básica

OP1 Aprendizagem Reflexiva

OP2 Aprendizagem entre pares

Pedagogias para atividade de nível 2_ avançado

16P Exercícios de pensamento sistémico

Pedagogias Nível 3_ Atividade de Integração

03P Exercícios de pensamento sistémico

14P Aprendizagem entre pares

16P Gamificação

Referências diretas:

Nível 1 _Atividade básica:

- Vídeo do YouTube: “Design de Sistemas Integrals: Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida”:<https://www.youtube.com/watch?v=7mC9xaJC2dQ>
- Ercan, M.F., & Caplin, J. (dezembro de 2017). Capacitar o pensamento sistêmico para estudantes de engenharia. 6ª Conferência Internacional sobre Ensino, Avaliação e Aprendizagem para Engenharia (TALE) do IEEE de 2017.<https://doi.org/10.1109/TALE.2017.8252294>
- Mobus, G.E. (2018). Ensinar o pensamento sistêmico para alunos do ensino regular. Modelação Ecológica, 373, 13–21.<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.01.013>

Nível 2 _Atividade avançada:

- Vídeo do YouTube: “Mapeamento de todo o sistema - Análise aprofundada”:
https://www.youtube.com/watch?v=Bv7p_RF3o5s
- Ercan, M.F., & Caplin, J. (dezembro de 2017). Capacitar o pensamento sistêmico para estudantes de engenharia. Em 6ª Conferência Internacional IEEE de 2017 sobre Ensino, Avaliação e Aprendizagem para Engenharia (TALE). IEEE.<https://doi.org/10.1109/TALE.2017.8252294>
- Mobus, G.E. (2018). Ensinar o pensamento sistêmico para alunos do ensino regular. Modelação Ecológica, 373, 13–21.<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.01.013>

Nível 3 _Atividade de integração

- Vídeo do YouTube: “Mapeamento de todo o sistema - Análise aprofundada”:
https://www.youtube.com/watch?v=Bv7p_RF3o5s
- Exercício de mapeamento de todo o sistema:https://venturewell.org/tools_for_design/whole-systems-mapping/whole-systems-mapping-exercise/
- Ercan, M.F., & Caplin, J. (dezembro de 2017). Capacitar o pensamento sistêmico para estudantes de engenharia. Em 6ª Conferência Internacional IEEE de 2017 sobre Ensino, Avaliação e Aprendizagem para Engenharia (TALE). IEEE.<https://doi.org/10.1109/TALE.2017.8252294>
- Mobus, G.E. (2018). Ensino do pensamento sistêmico para alunos do ensino regular. Modelação Ecológica, 373, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.01.013>

Avaliação de Nível I - Básico

Responda a todas as questões que se seguem:

1. *Verdadeiro ou falso: De acordo com o vídeo, os sistemas completos e o pensamento do ciclo de vida são os dois princípios globais mais importantes do design sustentável.*
2. *De acordo com o vídeo, qual é o primeiro passo antes de definir as soluções finais de design?*
 - a) Brainstorming de ideias inovadoras.
 - b) Definir o problema mais profundamente, analisando o sistema como um todo.
 - c) Comparar as potenciais soluções em relação aos critérios.
 - d) Quantificar os impactos ambientais com ACV.
3. *Verdadeiro ou falso: No exemplo da máquina de secar roupa, olhar para o "sistema completo" implica expandir o pensamento para incluir o processo maior de roupa suja, lavada e seca.*
4. *Verdadeiro ou falso: o vídeo sugere que obter perspectivas das pessoas como especialistas de marketing ou de fabrico é útil para compreender e delimitar o problema de design.*
5. *Qual das seguintes opções não se encontra listada no vídeo como uma fase do ciclo de vida de um produto que tem impacto ambiental?*
 - a) Fabricação
 - b) Distribuição
 - c) Marketing
 - d) Uso
 - e) Descartar
6. *De acordo com o vídeo, qual é a forma mais completa de medir os impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida?*
 - a) Brainstorming de soluções.
 - b) Definir prioridades com base no custo.
 - c) Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).
 - d) Obtenção de perspectivas dos usuários.

Avaliação de Nível I - Básico

Responda a todas as questões que se seguem:

- 7.** *No exemplo da máquina de secar roupa abordado no vídeo, onde é que a análise encontrou a maior oportunidade de melhoria ambiental?*
- a) Redução de resíduos durante a deposição.
 - b) Utilizando menos matérias-primas durante o fabrico.
 - c) Reduzindo o consumo de energia durante a vida útil do secador.
 - d) Diminuição da poluição da água durante a lavagem.
- 8.** *Verdadeiro ou falso: Analisar novamente todo o sistema pode ajudar a encontrar soluções inovadoras, como o exemplo em que a troca da máquina de lavar roupa ajudou a poupar energia para o secador.*
- 9.** *Qual das seguintes opções é dada no vídeo como exemplo de uma "inovação drástica" que poderia surgir ao pensarmos de forma ampla no sistema de secagem de roupa?*
- a) Tornando o sistema de aquecimento do secador mais eficiente.
 - b) Usar menos água na máquina de lavar.
 - c) Eliminar completamente a máquina de secar em favor de um estendal de roupa de última geração.
 - d) Melhorar a rede de distribuição de secadores.
- 10.** *Verdadeiro ou falso: Ao escolher entre potenciais soluções, o vídeo recomenda a sua avaliação com base em critérios como o custo, o desempenho, o impacto ambiental e social.*

Resultados de aprendizagem

Ao completar as Atividades Básicas, os alunos serão capazes de reconhecer, considerar e ter empatia pelas implicações éticas relativas ao impacto social e ambiental das soluções para problemas do mundo real. Os alunos serão capazes de descrever como as atividades de engenharia causam, direta e indiretamente, impactos sociais/culturais positivos e negativos ao longo do ciclo de vida do projeto, tanto para os trabalhadores que produzem os produtos (i.e., práticas laborais, meios de subsistência, saúde, etc.) como para as comunidades, a sociedade e a vida não humana (i.e., aquisição de recursos, produção e gestão de resíduos, metodologias tradicionais/culturais, etc.). Os alunos serão capazes de identificar e descrever os principais componentes da norma SA8000.

Ao completar as Atividades Avançadas, os alunos serão capazes de compreender as implicações das políticas baseadas na ética a nível regional, nacional e global, e considerar a ética para além da conformidade ambiental e das fronteiras políticas atuais. Além disso, serão capazes de demonstrar o conhecimento de formas alternativas de capital para além dos recursos financeiros (incluindo recursos naturais, humanos, sociais e físicos) e o conhecimento de sistemas económicos emergentes que visam promover a responsabilidade ambiental e social no pensamento económico (por exemplo, Economia Donut, economia circular, etc.).

Competências



EMPATIA



CRÍTICA



RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

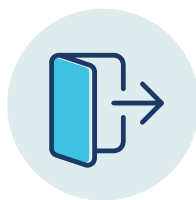


ÉTICA

Conhecimento e Compreensão



AMBIENTAL



CONTEXTO



SOCIEDADE



GLOBAL

Atividade 1_Engenharia de nível básico e o seu impacto mais amplo

INTRODUÇÃO

Os alunos começarão a compreender diferentes abordagens aos sistemas económicos e ao crescimento. Serão motivados a considerar o impacto da engenharia nos sistemas económicos e, consequentemente, nos sistemas sociais e ambientais.

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

1. Assista à palestra TED de Kate Raworth
2. Participe na discussão em grupo, seguindo as questões de discussão do seu instrutor

M1_C11_A1_R1_T5

DESCRIÇÃO (15 - 30 minutos)

Apresente aos alunos a palestra TED de Kate Raworth. Promova o debate em sala de aula fazendo qualquer uma das perguntas abaixo ou as suas próprias questões:

Mudar a meta: do crescimento para a prosperidade: O vídeo desafia a ideia tradicional de progresso económico como uma "linha de crescimento sempre ascendente", defendendo que as economias precisam de ser concebidas para "nos fazer prosperar, independentemente de crescerem ou não". Raworth sugere que esta é uma "profunda mudança de mentalidade" necessária para que a humanidade prospere neste século.

- **Pergunta:** Como engenheiros, grande parte do nosso trabalho está frequentemente implícita ou explicitamente ligado à facilitação do crescimento económico (por exemplo, construir infra-estruturas de maior dimensão, desenvolver tecnologias para consumo em massa, aumentar a eficiência para uma maior produtividade). Como é que o processo de projecto de engenharia, a selecção de projectos ou as escolhas de materiais poderiam mudar se o objectivo principal fosse deslocado para permitir a prosperidade social – satisfazer as necessidades humanas dentro dos limites planetários – em detrimento de maximizar o crescimento económico tradicional? Que considerações éticas introduz esta mudança para os engenheiros?

Engenharia dentro do Doughnut: Raworth apresenta o modelo Doughnut, que representa um espaço onde a humanidade pode prosperar atendendo à "base social" das necessidades humanas sem ultrapassar o "teto ecológico" dos limites planetários. Ela observa que, atualmente, a humanidade está aquém das necessidades básicas e a ultrapassar os limites planetários.

- **Pergunta:** Pense no impacto da engenharia através da lente do Doughnut. Como é que as atividades de engenharia (passadas e presentes) contribuem para o incumprimento da base social (por exemplo, acesso a água potável, energia e habitação) ou para a superação do teto ecológico (por exemplo, provocando o colapso climático, a poluição e o esgotamento dos recursos)? Que responsabilidades específicas têm os engenheiros na conceção de soluções que ajudem a humanidade a permanecer neste espaço seguro e justo, abordando simultaneamente o défice e o excesso?

Atividade 1_Engenharia de nível básico e o seu impacto mais amplo

DESCRIÇÃO (PARTE 2)

Projeto de Engenharia Regenerativa:

O vídeo defende que as economias do século XXI devem ser "regenerativas por natureza", abandonando os processos lineares degenerativos de "extrair-fazer-usar-deitar fora" e trabalhando com os ciclos da natureza, onde os recursos são reutilizados repetidamente. Exemplos incluem a energia renovável e o design de cidades circulares.

- **Questão:** Como podem os princípios do design regenerativo ser aplicados à sua disciplina específica de engenharia (por exemplo, engenharia de materiais, engenharia civil, design mecânico)? Quais são as motivações e os desafios éticos envolvidos no design de sistemas, produtos ou infraestruturas que minimizem o desperdício, utilizem recursos renováveis e se enquadrem nos ciclos naturais? Como é que isto se contrasta com as considerações éticas do design linear tradicional?

Projeto de Engenharia Distributiva:

Raworth defende ainda que as economias devem ser "distributivas por natureza", utilizando as tecnologias e as instituições para distribuir a riqueza, o conhecimento e o empoderamento de forma mais ampla, contrastando com os modelos centralizados do século XX. Ela menciona as redes de energia renovável, as plataformas digitais e a impressão 3D como exemplos de tecnologias potencialmente mais distributivas.

- **Pergunta:** Como podem os engenheiros conceber tecnologias, sistemas ou produtos de modo a que sejam inerentemente mais distributivos, partilhando benefícios, acesso ou conhecimento de forma mais equitativa entre as pessoas e as comunidades? Quais são as responsabilidades éticas dos engenheiros para considerar os impactos sociais e económicos dos seus projetos em termos de equidade e acesso?

Navegando pelos vícios sociais rumo ao crescimento:

A palestra destaca os vícios da sociedade em relação ao crescimento – financeiro, político e social. Estes vícios influenciam os investimentos, as políticas e o comportamento do consumidor.

- **Pergunta:** Como é que estes vícios sociais em crescimento podem criar dilemas ou pressões éticas para os engenheiros nas suas vidas profissionais? Por exemplo, aceitar projetos lucrativos, mas prejudiciais para o ambiente, ou conceber produtos com obsolescência programada para impulsionar o consumo? Como podem os engenheiros exercer responsabilidade social face à pressão para priorizar o crescimento em detrimento dos objectivos regenerativos e distributivos de uma economia próspera?

Os limites como impulsionadores da inovação:

Raworth defende que os limites, como os limites ecológicos e sociais no Donut, não são apenas restrições, mas podem "libertar o nosso potencial" para uma "criatividade sem limites".

- **Pergunta:** Como podem os estudantes de engenharia visualizar e utilizar os limites ambientais e sociais discutidos no vídeo (por exemplo, recursos limitados, metas climáticas, necessidades humanas básicas) como impulsionadores da inovação e da criatividade nos seus processos de projeto, em vez de apenas como limitações? Consegue pensar em desafios de engenharia em que trabalhar dentro de limites rígidos tenha historicamente levado a soluções mais inovadoras, eficientes ou eticamente sólidas?

Estas questões foram elaboradas para provocar a discussão através de referências diretas a conceitos e terminologias do vídeo ("prosperar, não crescer", "Doughnut", "design regenerativo", "design distributivo", "vícios em crescimento", "limites como a criatividade") e pedindo explicitamente aos estudantes que os liguem à sua área de engenharia, considerando tanto as abordagens técnicas como as implicações éticas.

Atividade 2_Responsabilidade Social Avançada e a Norma SA8000

INTRODUÇÃO

Nesta atividade, os alunos são introduzidos ao conceito de responsabilidade social na engenharia, com foco na forma como as decisões técnicas podem ter impacto nos trabalhadores, nas comunidades e no ambiente ao longo do ciclo de vida do produto. A norma SA8000 é apresentada como uma estrutura prática para a compreensão das práticas éticas de trabalho. Ao explorar as suas nove áreas principais, os alunos começarão a considerar como os engenheiros podem contribuir para soluções socialmente responsáveis e eticamente sólidas em contextos reais.

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

1. Reveja o **Norma de Responsabilidade Social 8000 (SA8000)** estrutura e o **Documento de Orientação SA8000**.

M2_C11_A2_R1_T6

M1_C11_A2_R2_T7

2. Participe na discussão em grupo, seguindo as instruções do seu instrutor.

DESCRIÇÃO (40 - 60 minutos)

Comece por apresentar brevemente o conceito de responsabilidade social e as considerações éticas, especificamente para os engenheiros (20 a 30 minutos). Explique que as soluções de engenharia têm impactos que vão muito além da função técnica – afetam as pessoas, as comunidades e o ambiente ao longo do seu ciclo de vida e da sua cadeia de abastecimento. Apresente a **Norma de Responsabilidade Social 8000 (SA8000)** como uma estrutura amplamente reconhecida para a responsabilidade social nos locais de trabalho, abordando práticas laborais éticas. Note-se que esta norma fornece uma forma concreta de compreender e abordar alguns destes impactos sociais. Apresente ou partilhe o link para o **Documento de Orientação SA8000**. Explique que este documento fornece informações básicas, requisitos e orientações para a implementação da norma.

Analise rapidamente as nove categorias principais abrangidas pela SA8000:

1. Trabalho infantil
2. Trabalho forçado ou obrigatório
3. Saúde e segurança
4. Liberdade de associação e direito à negociação coletiva
5. Discriminação
6. Práticas disciplinares
7. Horas de trabalho
8. Remuneração
9. Sistema de gestão

Explique resumidamente que, embora os primeiros oito pontos abranjam critérios específicos de desempenho social, o nono, o Sistema de Gestão, é crucial, pois fornece a estrutura para as organizações identificarem, avaliarem e gerirem os riscos e garantirem a melhoria contínua do desempenho social.

Atividade 2_Responsabilidade Social Avançada e a Norma SA8000

DESCRIÇÃO (PÁGINA 2 – Discussão)

Discussão guiada:

Ligar o SA8000 à Engenharia (20 a 30 minutos)

Transição para uma fase de discussão. Incentive os alunos a pensar criticamente sobre a forma como estas normas se relacionam com as suas futuras funções como engenheiros. Divida os alunos em grupos para discutir os diferentes tópicos abaixo ou facilite a discussão a toda a turma utilizando os seguintes tópicos ou os seus próprios, dando tempo aos alunos para refletirem e responderem. Pode estruturar isto concentrando-se numa ou duas áreas-chave das normas de cada vez e ligando-as às atividades de engenharia.

Proposta de discussão 1

(Foco: Saúde e Segurança, Design e Fabrico):

- Vejamos a Secção 3 da SA8000: Saúde e Segurança. A norma exige a criação de um ambiente de trabalho seguro e a adoção de medidas para prevenir incidentes e minimizar os riscos com base no conhecimento atual. Como engenheiros, podem conceber máquinas, processos ou instalações. Como é que os requisitos para identificar, avaliar e minimizar/eliminar os riscos no local de trabalho influenciam diretamente as suas decisões de projeto de engenharia?
- Pense na fase de design de um produto ou no layout de uma fábrica. Como projetaria os equipamentos para que sejam inerentemente mais seguros para os trabalhadores? Como é que as escolhas de materiais ou processos de fabrico se relacionam com os potenciais riscos para a saúde dos trabalhadores (por exemplo, exposição a produtos químicos, ergonomia)?
- A Secção 7 da SA8000: Horário de Trabalho também se relaciona com a saúde e a segurança, referindo que os horários longos aumentam as taxas de acidentes. Como é que as decisões de engenharia relacionadas com as metas de produção ou de automação podem impactar o horário de trabalho exigido aos operadores humanos e, conseqüentemente, a sua segurança e bem-estar?
- **Outros possíveis pontos para discussão:** Conceber proteções de segurança, considerando fatores ergonómicos, selecionando materiais menos perigosos, automatizando tarefas repetitivas ou perigosas, impacto dos requisitos de eficiência da produção no ritmo/stress do trabalhador.

Proposta de discussão 2

(Foco: Cadeias de Abastecimento, Impacto Global e Remuneração):

- "A SA8000 dá grande ênfase à gestão de fornecedores e contratados (Secção 9.10) e à abordagem de questões como o trabalho infantil, o trabalho forçado e a garantia de que a remuneração corresponde a um salário digno (Secção 8) dentro da cadeia de abastecimento."
- A maioria dos produtos de engenharia depende de complexas cadeias de abastecimento globais para materiais e componentes. Como é que a exigência de que as organizações realizem a devida diligência junto dos seus fornecedores e incentivem práticas socialmente responsáveis leva os engenheiros a refletir sobre as implicações éticas que vão para além das especificações técnicas ou do custo de um componente?
- "Como é que considerar questões como o trabalho infantil, o trabalho forçado ou os salários justos na fábrica de um fornecedor noutro país o desafia a pensar em responsabilidades éticas que podem ir além das suas próprias leis nacionais ou da conformidade ambiental padrão?"
- "Quais são as implicações práticas de engenharia ao exigir fornecimento ético? (por exemplo, seleção de materiais com base na origem, exigência de certificações de fornecedores como SA8000, design para cadeias de fornecimento mais simples)."
- **Outros possíveis pontos para discussão:** Rastreabilidade de materiais, seleção de fornecedores com base em auditorias sociais, projetos com materiais de origem local, a complexidade de garantir práticas laborais justas em toda a cadeia de abastecimento.

Atividade 2_Avançado. A Responsabilidade Social e a Norma SA8000

DESCRIÇÃO (PÁGINA 3 – Discussão e Encerramento)

Proposta de discussão 3 (Foco: Sistemas de Gestão, Avaliação de Riscos e Ética Proactiva):

- O Sistema de Gestão da SA8000 (Secção 9) exige elementos como a Avaliação de Riscos (9.3), Ações Corretivas e Preventivas (9.8) e Envolvimento/Comunicação Interna (9.5). Visa uma abordagem proativa ao desempenho social.
- Isto não se aplica apenas à gestão; deve envolver 'todo o pessoal'. Como engenheiros, envolvem-se frequentemente na identificação de riscos técnicos. Como é que os princípios da SA8000 os podem incentivar a pensar em identificar e avaliar potenciais riscos sociais ou éticos... associados aos seus projetos, designs ou processos antes que causem danos?
- Considere aspectos como o impacto social da automatização de tarefas, as implicações éticas da utilização de determinados dados ou IA, ou as potenciais questões de justiça ambiental relacionadas com o local onde os recursos são extraídos ou os resíduos são geridos. Como podem os engenheiros utilizar as suas capacidades de resolução de problemas para contribuir para um sistema de gestão que identifique e mitigue estes riscos sociais mais amplos?
- "Como é que esta abordagem proativa e sistémica da ética difere de simplesmente reagir a problemas ou cumprir padrões legais mínimos? [Resultado Avançado]"
- **Outros possíveis pontos para discussão:** Engenheiros a apresentar preocupações sobre os impactos do projeto, a participar em comités de ética multifuncionais, a conceber processos com verificações de impacto social integradas, a utilizar ferramentas de avaliação de risco que incluem critérios sociais.

Resumo (5 a 10 minutos)

Resuma brevemente os principais pontos discutidos, reforçando que a responsabilidade social e as considerações éticas, exemplificadas por normas como a SA8000, são essenciais para a prática da engenharia.

Reitere que os engenheiros têm um papel significativo a desempenhar para garantir impactos sociais positivos, não só através da competência técnica, mas também por estarem atentos ao elemento humano no design, na produção e nas cadeias de abastecimento, e por contribuírem para práticas éticas dentro das suas organizações e para além dos limites convencionais.

Atividade 3_Ética de Atividade Integrada e Responsabilidade Social na Prática

INTRODUÇÃO

Os alunos aprenderão a avaliar as decisões de engenharia utilizando a estrutura dos cinco capitais e modelos económicos alternativos, como a Economia Doughnut e a Economia Circular. Vão examinar como estas ferramentas ajudam a identificar riscos socioambientais, aplicar padrões éticos como a SA8000 e explorar formas de redesenhar as práticas de engenharia para que sejam mais regenerativas, distributivas e socialmente responsáveis.

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

1. Aprenda sobre o modelo de **Capitais Múltiplos** e estrutura dos **Modelos Económicos Emergentes**.

M1_C11_A3_R1_T10

M1_C11_A3_R2_T11

2. Reveja o estudo de caso e analise-o com o seu grupo. Utilize as questões para discussão em anexo para o orientar.
3. Em grupo, partilhem as vossas descobertas com a turma e participem na discussão em grupo.

DESCRIÇÃO (60-90 min)

Introdução e Recapitulação (5 minutos)

Indique o resultado da aprendizagem da sessão com foco em múltiplos capitais e modelos económicos alternativos na prática de engenharia, de forma a minimizar o impacto ambiental e social negativo. **Se conduziu as atividades anteriores com os alunos, incentive-os a recordar os principais conceitos das sessões anteriores ou coloque questões mais gerais sobre os principais temas, incluindo:**

- Impactos sociais/ambientais da engenharia (resultado principal)
- Princípios SA8000 (por exemplo, Saúde e Segurança, responsabilidades do Sistema de Gestão)
- Ideias centrais da Economia Donut de Kate Raworth (fundação social, tecto ecológico, design regenerativo/distributivo)

Apresentar as 2 estruturas (10 minutos)

Os documentos relacionados com ambas as estruturas estão ligados acima, e os links para os sites estão incluídos em Recursos Adicionais. Os sites são ótimos para uma rápida visão geral.

- **Capitais Múltiplos:** Reintroduza ou defina de forma sucinta: Capital natural, Humano, Social, Físico/Fabricado e Financeiro. Dê ênfase à visão dos projetos de engenharia sob estas múltiplas lentes.
- **Modelos Económicos Emergentes:** Reveja brevemente a Economia Donut e a Economia Circular como estruturas que visam a sustentabilidade e a responsabilidade social. Destaque o objetivo de regeneração genuína e distribuição equitativa em comparação com modelos puramente lineares ou orientados para o lucro.

Análise de Estudo de Caso - Trabalho de Grupo (30-40 min)

Caso Presente: Apresente o caso de estudo online específico: "Materiais reciclados e a economia circular". Descreva brevemente o cenário que envolve Charlie, o engenheiro ambiental júnior da Circle Mat, uma empresa reconhecida por utilizar materiais reciclados, mas que enfrenta potenciais problemas de contaminação. Certifique-se de que os alunos leem/têm acesso aos detalhes do caso.

M1_C11_A3_R3_T12

Atividade 3_Ética de Atividade Integrada e Responsabilidade Social na Prática

DESCRIÇÃO (PÁGINA 2)

Tarefa de grupo:

Divida os alunos em pequenos grupos (3 a 5). Peça-lhes que analisem o caso do Tapete Circular utilizando as seguintes questões orientadoras:

Impactos e Dependências de Capital

Identifique como as operações da Circle Mat impactam ou dependem de cada um dos cinco capitais:

- **Natural:** Que recursos são utilizados? Quais os potenciais riscos de poluição/contaminação (amianto)?
- **Humano:** Considere o stress ético/risco de carreira de Charlie, a exposição potencial do trabalhador, os riscos para a saúde pública e as competências envolvidas.
- **Social:** Pense na perceção da comunidade (prosperidade vs. segurança), na confiança pública, na reputação da empresa, no valor do prémio de sustentabilidade.
- **Físico:** Quais as implicações para os edifícios que utilizam os produtos da Circle Mat?
- **Financeiro:** Considere os lucros da empresa, o valor do prémio, os custos dos testes adequados versus os potenciais custos de responsabilidade.
- Quais são as principais compensações que estão a ser feitas (por exemplo, lucro/reputação vs. segurança/proteção ambiental)?

Aplicando a Economia Alternativa:

- Como é que a abordagem da Circle Mat se alinha ou contradiz os princípios genuínos da Economia Circular? Trata-se de reciclagem/upcycling a sério ou de downcycling potencialmente prejudicial?
- Analise a situação utilizando a Economia Donut: o Circle Mat está a ajudar a sociedade a manter-se dentro do "espaço seguro e justo"? Onde estão os potenciais limites ecológicos (poluição) ou as deficiências na base social (saúde, segurança, trabalho potencialmente digno)?
- Como poderia o processo ou modelo de negócio da Circle Mat ser redesenhado para ser mais genuinamente regenerativo e distributivo?

Responsabilidade Ética e Social (ligando-se à aprendizagem anterior):

- Quais são os dilemas éticos específicos que Charlie enfrenta? E o seu supervisor, Sam?
- Como é que os requisitos da SA8000 (Secção 3: Saúde e Segurança; Secção 9: Sistema de Gestão, especialmente a Avaliação de Riscos 9.3, Ações Corretivas 9.8) se aplicam aqui? O sistema de gestão da Circle Mat está a funcionar de forma eficaz em relação aos riscos socioambientais?
- Quais são as implicações mais amplas para a Responsabilidade Social Corporativa (RSC) e o greenwashing?

Atividade 3_Atividade Integrada Mapeamento de Sistemas Inteiros na Prática

DESCRIÇÃO (PÁGINA 3)

Partilha em grupo e discussão facilitada (15-25 min)

Peça a cada grupo que partilhe as principais conclusões, focando-se em diferentes aspetos (por exemplo, um grupo sobre capitais, outro sobre análise de donuts/circulares, outro sobre ligações éticas/SA8000). Facilite uma discussão mais ampla utilizando sugestões relacionadas com o caso:

- Quais são as pressões que Charlie enfrenta? Que opções tem? O que faria na situação dela?
- Como é que o foco na conquista de um prémio de sustentabilidade pode entrar em conflito com práticas genuinamente sustentáveis?
- Como é que considerar as cinco capitais proporciona uma compreensão mais rica da situação do que uma análise puramente técnica ou financeira?
- Que mudanças sistémicas (dentro da empresa, do setor ou da regulamentação) poderiam evitar situações como esta?
- Como podem os engenheiros levantar eficazmente preocupações sobre questões éticas ou de segurança dentro de uma organização?

Conclusão e Síntese (5 min)

Resuma os principais pontos de discussão, destacando como o caso Circle Mat ilustra as complexidades da aplicação de princípios de sustentabilidade (como a economia circular) na prática e a importância de considerar múltiplos capitais e estruturas éticas.

Reitere o valor da Economia Donut e do pensamento multcapital para os engenheiros que procuram integrar a responsabilidade social (Competência C21).

Confirme brevemente a obtenção do resultado da aprendizagem através da análise e discussão do caso.

Pedagogias de ensino aplicadas:

Pedagogias para o Nível 1 _Atividade básica

OP1 Aprendizagem baseada na investigação

OP2 Debate Socrático

Pedagogias para atividade de nível 2_ avançado

16P Aprendizagem baseada na investigação

02P Debate Socrático

Pedagogias Nível 3_ Atividade de Integração

03P Aprendizagem Baseada em Casos

Referências diretas:

Nível 1 _Atividade básica:

- Palestra de Kate Raworth no Ted: “Uma economia saudável deve ser concebida para prosperar, não para crescer”: https://www.ted.com/talks/kate_raworth_a_healthy_economy_should_be_designed_to_thrive_not_grow/transcript
- [Sobre a Donut Economics | DEAL](#)
- Raworth, K. (2017). *Economia donut: sete formas de pensar como um economista do século XXI*. Publicação Chelsea Green.
- van de Poel, I., & Royakkers, L. (2023). *Ética, tecnologia e engenharia: uma introdução* (2ª ed.). John Wiley & Sons.

Nível 2 _Atividade avançada:

- Social Accountability 8000, Norma Internacional da Social Accountability International (junho de 2014) <https://venturewell.org/wp-content/uploads/SA8000-Standard-2014.pdf>
- Documento de Orientação SA8000 <https://venturewell.org/wp-content/uploads/SA8000-2014-Guidance-Document-May-2016.pdf>
- Certificação SA8000 Laboral – Medir a Sustentabilidade https://venturewell.org/tools_for_design/measuring-sustainability/sa8000-certification/
- Johnson, DG (2017). Repensando as Responsabilidades Sociais dos Engenheiros como Forma de Responsabilização. In: Michelfelder, D., Newberry, B., Zhu, Q. (orgs.) *Filosofia e Engenharia. Filosofia da Engenharia e da Tecnologia*, vol. 26.ª Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45193-0_7
- Costa, A., Ribeiro, JL, Gomes, D. (2020). Desenvolvimento de Políticas e Práticas de Responsabilidade Social nas Empresas Portuguesas: Implicações da Norma SA8000. In: Machado, C., Davim, J. (orgs.) *Economia Circular e Engenharia. Gestão e Engenharia Industrial*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43044-3_3

Nível 3 _Atividade de integração:

- [As Cinco Capitais - uma estrutura para a sustentabilidade | Fórum para o Futuro](#)
- [Sobre a Donut Economics | DEAL](#)
- [Estudo de caso: Materiais reciclados e economia circular - Conselho de Professores de Engenharia](#)
- Raworth, K. (2017). *Economia donut: sete formas de pensar como um economista do século XXI*. Publicação Chelsea Green.
- van de Poel, I., & Royakkers, L. (2023). *Ética, tecnologia e engenharia: uma introdução* (2ª ed.). John Wiley & Sons.

Avaliação de Nível I - Básico

Responda a todas as questões que se seguem:

Instruções: Selecione a melhor resposta (Verdadeiro/Falso ou A, B, C, D) com base nos conceitos apresentados na palestra TED de Kate Raworth.

1. **Verdadeiro ou falso: De acordo com a palestra, o objectivo tradicional do progresso económico tem sido o de maximizar o crescimento do PIB, que é apresentado como sempre alinhado com o desenvolvimento social.**
2. **Kate Raworth defende que o principal objetivo da humanidade no século XXI deve ser:**
 - a) Alcançar o maior crescimento possível do PIB a nível global.
 - b) Garantir que todas as nações atinjam a "era de alto consumo em massa" de Rostow.
 - c) Atender às necessidades de todas as pessoas dentro dos recursos do planeta.
 - d) Focando-se apenas na redução do impacto ambiental, independentemente das necessidades sociais.
3. **Verdadeiro ou falso: O modelo "Doughnut" visualiza uma zona-alvo onde a humanidade satisfaz as necessidades sociais essenciais (a base social) sem exceder os limites ecológicos críticos da Terra (o tecto ecológico).**
4. **Qual das seguintes opções é mencionada na palestra como um fator que contribui para o vício do crescimento económico interminável?**
 - a) Os sistemas financeiros exigem retornos constantes.
 - b) Desejo político de maior receita fiscal sem aumentar impostos.
 - c) Condicionamento social através da publicidade do consumidor.
 - d) Tudo o que precede.
5. **Verdadeiro ou falso: a palestra sugere que a simples procura de mais crescimento económico é uma estratégia comprovada que resolverá automaticamente problemas como a desigualdade social e a poluição ambiental.**
6. **O "design regenerativo", tal como descrito na palestra, envolve principalmente:**
 - a) Criar economias que funcionam com ciclos naturais, reutilizando recursos, minimizando o desperdício e funcionando com energia renovável.
 - b) Focar apenas na regeneração de paisagens naturais específicas, como as florestas.
 - c) Gerar mais lucro financeiro a partir dos mesmos processos lineares de "pegar-produzir-descartar".
 - d) Utilizar a tecnologia apenas para substituir o trabalho humano na fabricação.

Avaliação de Nível I - Básico

Responda a todas as questões que se seguem:

7. **O "design distributivo" tem como principais objectivos:**
 - a) Concentrar a riqueza e o poder utilizando instituições tradicionais e centralizadas.
 - b) Distribuir bens de consumo idênticos de forma mais ampla através do consumo em massa.
 - c) Utilizar a tecnologia e os novos modelos institucionais para partilhar valor, conhecimento e capacitação de forma mais equitativa.
 - d) Garantir que todos os países seguem exactamente o mesmo caminho e calendário de desenvolvimento económico.
8. **Verdadeiro ou falso: O orador utiliza analogias da natureza para argumentar que, embora o crescimento possa ser uma fase saudável, tentar crescer para sempre não é sustentável para sistemas maduros, incluindo as economias.**
9. **A palestra apresenta os limites do Donut (fundação social e teto ecológico) não só como limitações, mas também como potenciais impulsionadores para:**
 - a) Apenas aumento do controlo governamental.
 - b) Um regresso necessário aos estilos de vida pré-industriais.
 - c) Criatividade e inovação humana e de engenharia.
 - d) Abandonar todas as formas de atividade económica.
10. **Verdadeiro ou falso: A mensagem geral da palestra implica que os profissionais como os engenheiros têm um papel significativo e uma responsabilidade ética no desenho de soluções que ajudem a humanidade a satisfazer as necessidades sociais, respeitando os limites ambientais.**

Resultados de aprendizagem

Ao completarem as Atividades Básicas, os alunos terão a capacidade de trabalhar com perspetivas de diferentes campos, incluindo perspetivas sociais, económicas e ambientais, bem como perspetivas técnicas.

Ao completar as Atividades Avançadas, os alunos terão a capacidade de reunir e aplicar de forma independente perspetivas de campos externos ao seu para desenvolver soluções para problemas globalmente relevantes que considerem os seus efeitos em todos os aspetos da sociedade.

Competências



MULTIDISCIPLINARIDADE



CRÍTICA

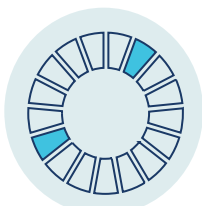


RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS



SISTÉMICO

Conhecimento e Compreensão



ODS



LIMITES



AMEAÇAS



GLOBAL

Atividade 1_Desafios Urbanos Básicos de Nível sob Múltiplas Perspetivas

INTRODUÇÃO

Estas atividades visam desenvolver a capacidade dos alunos para abordar os desafios da engenharia de forma holística. O objectivo é ir além da análise puramente técnica e integrar eficazmente as perspetivas social, económica e ambiental no processo de resolução de problemas. Os alunos aprenderão a abordar os desafios da engenharia de forma holística, indo além da análise técnica e considerando as perspetivas social, económica e ambiental. Praticarão a identificação de diversos pontos de vista das partes interessadas, a recolha de informações relevantes de fora da área da engenharia e a aplicação desse conhecimento para desenvolver soluções para problemas complexos e globalmente relevantes, com um amplo impacto social.

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

1. **Ouçã o cenário:** Uma nova ponte para peões e ciclistas foi proposta na sua cidade.
2. **Junte-se a um grupo e obtenha uma função:** No seu grupo, cada pessoa assume um papel diferente de parte interessada.
3. **Partilhe Perspetivas (Rodadas de Velocidade):** Revezem-se (1 a 2 minutos cada) a partilhar as principais preocupações e prioridades das partes interessadas.
4. **Discuta em turma:** Reflita sobre as diferentes perspetivas que ouviu e como podem moldar o design final.

DESCRIÇÃO (15 a 30 minutos)

1. **Introdução e Cenário (5 minutos):** Apresente, de forma sucinta, a importância de considerar múltiplas perspetivas em projetos de engenharia. Apresente um cenário simples de engenharia: "Foi feita uma proposta para construir uma nova ponte para peões e ciclistas sobre um rio, separando uma área residencial de um distrito comercial e um parque na sua cidade."
2. **Atribuição de funções (5 minutos):** Divida os alunos em pequenos grupos (4 a 5 alunos). Atribua a cada aluno do grupo um papel específico de parte interessada, com uma breve descrição do seu principal ponto de vista/preocupação. Exemplos de papéis:
 - **Engenheiro Projetista:** Focado na integridade estrutural, custos de materiais, viabilidade técnica e regulamentos de segurança.
 - **Proprietário da loja local:** Preocupado com o aumento do tráfego pedonal/empresarial, possíveis interrupções na construção, implicações de custos (impostos?).
 - **Cientista Ambiental:** Focado no ecossistema do rio, potencial impacto na vida aquática durante/após a construção, perda de espaço verde perto das margens.
 - **Líder do Grupo Comunitário (Lado Residencial):** Focado na melhoria do acesso a comodidades/parques, potencial aumento de ruído, impacto no carácter do bairro, segurança para as crianças que andam de bicicleta.
 - **Planeador urbano/economista:** Focado na conectividade urbana geral, promovendo o transporte ativo (benefícios para a saúde), o orçamento do projeto e o impacto económico a longo prazo.
3. **"Speed-Dating" com as partes interessadas (10 minutos):** Em rondas rápidas (1 a 2 minutos cada), peça a cada "stakeholder" que apresente brevemente a sua principal perspectiva, preocupações ou esperanças em relação ao projecto da ponte aos restantes membros do pequeno grupo. O objetivo é apenas articular e ouvir os diferentes pontos de vista rapidamente.
4. **Debriefing (5 minutos):** Reúna a turma. Pergunte a alguns grupos: Quais foram algumas das perspetivas conflitantes que ouviram? Como é que a perspetiva puramente técnica do engenheiro pode ter de ser ajustada com base nos outros pontos de vista? Reforce que uma engenharia bem-sucedida exige a compreensão e a integração destas perspetivas diversas, muitas vezes conflitantes e válidas.

Atividade 2_ Sustentabilidade avançada de smartphones com múltiplas perspetivas

INTRODUÇÃO

Nesta atividade, os alunos irão investigar a sustentabilidade dos smartphones explorando perspetivas económicas, sociais, ambientais e técnicas. Aprenderão a procurar informações não técnicas para melhor compreender problemas complexos de engenharia.

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

1. **Entenda o problema:** Explore a questão: Como podemos melhorar a sustentabilidade da produção e do consumo de smartphones?
2. **Perspetivas de investigação:** Trabalhando individualmente ou em pares, encontre um exemplo claro para cada uma das seguintes perspetivas. Utilize fontes online e faça breves anotações.
 - Económico (por exemplo, custo, procura de mercado, obsolescência programada)
 - Social (por exemplo, condições de trabalho, comportamento do consumidor, riscos para a saúde relacionados com o lixo eletrónico)
 - Ambiental (por exemplo, poluição, utilização de recursos, pegada de carbono)
 - Técnico (por exemplo, reparabilidade, escolhas de materiais, design de baterias ou software)
3. **Partilhar:** Esteja preparado para partilhar um exemplo que encontrou e onde o encontrou (por exemplo, artigo de notícias, relatório, website).
4. **Refletir:** Pense em que perspetivas foram mais fáceis ou mais difíceis de pesquisar e porquê. Considere por que razão os engenheiros precisam de incluir todos estes pontos de vista.

DESCRIÇÃO (45 a 60 minutos)

1. **Introdução e Problema (5 minutos):** Explique que os engenheiros têm frequentemente de procurar ativamente informações não técnicas para compreender o contexto completo de um problema. Apresente uma declaração de problema globalmente relevante: "Como podemos melhorar a sustentabilidade da produção e do consumo de smartphones?"
2. **Tarefa de investigação guiada (25-35 minutos):** Trabalhando individualmente ou em pares, os alunos devem utilizar recursos online (comece com termos de pesquisa sugeridos ou sites fidedignos, se necessário) para encontrar e resumir brevemente um ponto concreto para cada uma das seguintes perspetivas relacionadas com a sustentabilidade dos smartphones:
 - Perspetiva económica: (por exemplo, custo dos minerais livres de conflito, procura do mercado por novos modelos, custo das infraestruturas de reciclagem, modelos de negócio de obsolescência programada)
 - Perspetiva social: (por exemplo, condições de trabalho na mineração/manufatura, comportamento do consumidor/desejo de atualizações, problemas de exclusão digital, impactos na saúde do manuseamento de resíduos eletrónicos)
 - Perspetiva ambiental: (por exemplo, utilização de energia no fabrico/centros de dados, esgotamento de recursos (terras raras), poluição por lixo eletrónico, pegada de carbono dos transportes)
 - Perspetiva técnica/de engenharia: (por exemplo, conceção para desmontagem/reparação, ciência dos materiais para substituição, melhorias na duração da bateria, atualizações de software vs. hardware)
3. **Partilha rápida (10 minutos):** Peça a alguns alunos que partilhem brevemente uma descoberta para cada tipo de perspetiva (económica, social, ambiental), destacando a fonte ou o tipo de informação que encontraram (por exemplo, artigo noticioso, relatório de ONG, site de dados económicos, resumo de artigo científico). O foco é demonstrar a capacidade de encontrar perspetivas externas relevantes.
4. **Reflexão (5 minutos):** Discuta brevemente os desafios ou a facilidade de encontrar informação para cada perspetiva. Enfatize a necessidade de os engenheiros procurarem proactivamente estes diversos pontos de vista quando lidam com problemas complexos.

Atividade 3_Atividade Integrada Redução do Plástico no Campus

INTRODUÇÃO

Nesta atividade, os alunos trabalharão em equipas para abordar um desafio real de sustentabilidade: a redução da utilização de plástico descartável no campus. Ao explorar a questão sob perspetivas técnicas, sociais, económicas e ambientais, os alunos aprenderão a desenvolver soluções práticas e equilibradas e a aplicar o pensamento sistémico a decisões éticas de engenharia.

INSTRUÇÕES PARA OS ALUNOS

1. **Entenda o problema:** Desenvolva um plano realista para reduzir o desperdício de plástico proveniente de embalagens alimentares no campus.
2. **Explorar e Mapear:** Identifique os principais problemas e partes interessadas. Utilize um diagrama para mostrar as suas ligações.
3. **Brainstorm de ideias:** Enumere possíveis soluções (por exemplo, reutilizáveis, melhor reciclagem, sensibilização).
4. **Avaliar opções:** Para as suas ideias principais, considere: Funciona? É acessível? As pessoas vão usar? Reduzirá o uso de plástico?
5. **Faça um plano:** Escolha a(s) sua(s) melhor(es) ideia(s) e explique como equilibram os fatores técnicos, sociais, económicos e ambientais.
6. **Apresentar e discutir:** Partilhe o seu plano e como equilibrou as perspetivas. Participe na discussão em sala de aula.

DESCRIÇÃO (70-90 minutos)

1. **Introdução ao Problema (10 minutos):** Apresente um desafio de engenharia complexo e multifacetado: "Desenvolva um plano para reduzir significativamente o desperdício de plástico de utilização única proveniente de embalagens alimentares e do consumo no ambiente do campus universitário." Explique que o objetivo não é um projeto final perfeito, mas uma proposta bem justificada que equilibre explicitamente diferentes perspetivas.
2. **Trabalho de grupo - Ciclo PBL (40-60 minutos):** Divida os alunos em grupos. Oriente-os através de um processo aprendizagem baseado em problemáticas (ABP) simplificado:
 - **Definir e analisar o problema:** Quais os aspetos técnicos? Quem são os principais stakeholders (estudantes, vendedores de alimentos, administração da universidade, gestão de resíduos, fornecedores)? Quais são as suas prováveis perspetivas (com base nas competências da atividade principal)? Utilize o mapeamento/pensamento sistémico para visualizar conexões.
 - **Soluções de Brainstorming:** Gerar uma gama de potenciais intervenções (por exemplo, esquemas de contentores reutilizáveis, estações de reabastecimento de água, incentivos/penalidades para fornecedores, mandatos de embalagens biodegradáveis, campanhas de sensibilização, infraestruturas de reciclagem melhoradas).
 - **Reúna e integre perspetivas (simulado/guiado):** Para as suas 1-2 principais soluções, os grupos devem considerar/encontrar informações sobre:
 - **Viabilidade Técnica:** Pode ser implementado de forma fiável?
 - **Viabilidade Económica:** Quais os custos/poupanças para os fornecedores, estudantes e universidade?
 - **Aceitabilidade/Usabilidade Social:** Haverá participação de alunos/fornecedores? É conveniente? Há preocupações com a equidade?
 - **Impacto Ambiental:** Reduz realmente o plástico? Existem consequências não intencionais (por exemplo, consumo de água/energia para lavar reutilizáveis)?
 - (Pode fornecer breves excertos de perspetiva ou orientar aqui pesquisas rápidas, desenvolvendo competências de atividade avançadas, se tiver concluído esta atividade)
 - **Elaborar o Plano Proposto:** Selecione e descreva um plano multifacetado, explicando como tenta equilibrar os requisitos técnicos com as perspetivas e compensações económicas, sociais e ambientais reunidas.

Atividade 3_Atividade Integrada Redução do Plástico no Campus

DESCRIÇÃO (PÁGINA 2)

3. **Apresentações e discussões (15-20 minutos):** Cada grupo apresenta brevemente o seu plano proposto, destacando especificamente como considerou e equilibrou diferentes perspetivas. Promova uma discussão em aula comparando as abordagens e os desafios da integração de diversos pontos de vista.
4. **Resumo (5 minutos):** Resuma a importância desta abordagem interdisciplinar para o desenvolvimento de soluções de engenharia robustas e responsáveis para problemas do mundo real.

Pedagogias de ensino aplicadas:

Pedagogias para o Nível 1 _Atividade básica

OP1 Interpretação de papéis

OP2 Simulação

Pedagogias para atividade de nível 2_ avançado

16P Web Quests

02P Inquérito Guiado

Pedagogias Nível 3_ Atividade de Integração

03P Aprendizagem Baseada em Problemas

14P Exercício de Pensamento Sistémico

Referências diretas:

Nível 1 _Atividade básica:

- Murray, JK, Studer, JA, Daly, SR,McKilligan, S., & Seifert, CM (2019). Design adotando perspectivas: como os engenheiros exploram os problemas.*Revista de Educação em Engenharia*, 108(3), 417–442.<https://doi.org/10.1002/jee.20263>

Nível 2 _Atividade avançada:

- Saruchera, F. Sustentabilidade: Um Conceito em Fluxo? O Papel dos Insights Multidisciplinares na Construção de Futuros Sustentáveis. *Sustainability* 2025, 17, 326.<https://doi.org/10.3390/su17010326><https://www.mdpi.com/2071-1050/17/1/326>

Nível 3 _Atividade de integração:

- Saruchera, F. Sustentabilidade: Um Conceito em Fluxo? O Papel dos Insights Multidisciplinares na Construção de Futuros Sustentáveis. *Sustainability* 2025, 17, 326.<https://doi.org/10.3390/su17010326><https://www.mdpi.com/2071-1050/17/1/326>
- Murray, JK, Studer, JA, Daly, SR,McKilligan, S., & Seifert, CM (2019). Design adotando perspectivas: como os engenheiros exploram os problemas.*Revista de Educação em Engenharia*, 108(3), 417–442.<https://doi.org/10.1002/jee.20263>

Avaliação de Nível I - Básico

Responda a todas as questões que se seguem:

1. Verdadeiro ou falso: a atividade "Encontro rápido com partes interessadas" mostrou principalmente que os projetos de engenharia, como a ponte proposta, têm apenas consequências técnicas e financeiras significativas.
2. Na atividade do cenário da ponte, a personagem "Dono da Loja Local" representava principalmente que tipo de perspetiva?
 - a) Ambiental
 - b) Técnico
 - c) Social
 - d) Económico
3. O papel do "Cientista do Ambiente" na atividade estava principalmente relacionado com:
 - a) O custo total da construção e dos materiais da ponte.
 - b) O potencial impacto no ecossistema do rio e nos habitats próximos.
 - c) Os cálculos detalhados de integridade estrutural e segurança da ponte.
 - d) Garantir que a ponte aumentava o tráfego pedonal para as empresas locais.
4. Verdadeiro ou falso: a atividade sugeriu que a perspetiva do "Engenheiro Projetista", focada na viabilidade técnica e no custo, é geralmente suficiente para determinar se o projeto da ponte é uma boa ideia no geral.
5. Os diferentes papéis das partes interessadas atribuídos na atividade do cenário da ponte (por exemplo, Engenheiro, Proprietário da Oficina, Cientista, Residente, Planeador) demonstraram, de um modo geral, que as partes interessadas:
 - a) Todos partilhavam exatamente os mesmos objetivos e prioridades para o projeto.
 - b) Representou interesses e preocupações diversas, e por vezes conflitantes, em relação ao projeto.
 - c) Apenas conseguimos ver os aspetos negativos da construção da ponte.
 - d) Focado principalmente em questões políticas globais em vez de impactos locais.
6. Verdadeiro ou falso: Considerar as perspetivas sociais, como as representadas pelo "Líder do Grupo Comunitário" (por exemplo, efeitos na conectividade, ruído, características do bairro), é relevante para os projetos de engenharia porque estes projetos têm impacto direto na vida das pessoas e das comunidades.

Avaliação de Nível I - Básico

Responda a todas as questões que se seguem:

- 7. O principal resultado da aprendizagem, "trabalhar com perspetivas em diferentes campos", implica que os engenheiros devem ter como objetivo:**
 - a) Dê prioridade à solução técnica acima de todas as outras considerações.
 - b) Convença todas as partes interessadas de que o ponto de vista puramente técnico está correto.
 - c) Esteja ciente, compreenda e integre fatores sociais, económicos e ambientais relevantes juntamente com aspetos técnicos no seu trabalho.
 - d) Concentre-se apenas em minimizar o custo financeiro do projeto.
- 8. Verdadeiro ou falso: Com base nas interações simuladas na atividade, é realista esperar que todas as partes interessadas envolvidas num projeto de engenharia real concordem facilmente sobre o melhor caminho a seguir.**
- 9. Porque é que compreender perspetivas como as do "Planeador Urbano/Economista" é importante para uma equipa de engenharia que trabalha no projeto da ponte?**
 - a) Porque os factores económicos são os únicos que determinam se um projecto é construído.
 - b) Para compreender as realidades orçamentais do projecto, as fontes de financiamento e a sua adequação às metas mais amplas de desenvolvimento urbano e às estratégias económicas.
 - c) Porque os urbanistas normalmente tratam de todo o trabalho de design técnico sozinhos.
 - d) Ajuda os engenheiros a aprender sobre a política local, mas não influencia o design.
- 10. Verdadeiro ou falso: A atividade do cenário da ponte ilustrou que mesmo um projeto de engenharia de escala relativamente pequena envolve uma rede complexa de questões técnicas, sociais, económicas e ambientais interligadas.**

