

## Anexo 1 –

# TEMAS e DESAFIOS

## 1) Tema: Energia

### **Proposta de Desafio Energia 1**

A legislação brasileira aplicada a barragens e hidroelétricas congrega elevado grau de ilogicidade. As mais notáveis são:

i) Royalties que foram adotados para compensar áreas alagadas por reservatórios. Entretanto, o valor dos royalties é função de uma tarifa de referência multiplicada pela produção da usina, não guardando, portanto, qualquer relação com as áreas inundadas.

ii) Os empreendedores de barragens fluviais podem ter que considerar estruturas para navegação interior. Entretanto, só se a barragem for para geração de energia elétrica e, mesmo assim, em função da potência instalada. Não há, portanto, qualquer relação entre a necessidade ou oportunidade de navegação interior com a barragem a ser instalada, mas sim com a potência a ser instalada na casa de força.

iii) Uma hidroelétrica convencional é composta por reservatório e por estruturas hidráulicas de casa de força, sala de controle, descarregador de cheias, transposição de embarcações e de peixes, subestação elevadora, subestação de manobra e outras. Pela legislação apenas o estado no qual se situa a casa de força é beneficiado com o ICMS. Em muitos casos o estado mais impactado não é o estado beneficiado com o ICMS.

iv) Em instrução da FUNAI publicada no Diário Oficial da União, os empreendedores de obras de infraestrutura como reservatórios, podem ser obrigados a redigir e divulgar elementos de licenciamento ambiental em idioma de tribos indígenas situadas nas áreas de influência direta ou indireta do empreendimento. Essa instrução não pode ser cumprida porque são 305 etnias indígenas que têm 274 diferentes idiomas no Brasil e nenhum desses idiomas é escrito.

v) há hidroelétricas em que a casa de força se situa em posição remota em relação à barragem e ao reservatório. Dessa forma, há um trecho do curso d'água que fica com vazão reduzida quando descargas são utilizadas para geração de energia elétrica. Os órgãos licenciadores estaduais instituíram diferentes critérios para fixar a manutenção de uma descarga mínima no trecho de rio de vazão reduzida. São critérios diferentes, porém, constantes para cada estado e, conseqüentemente, não guardam qualquer lógica com as verdadeiras necessidades da ordem de grandeza da manutenção de descarga mínima nos trechos de vazão reduzida.

**Desafio:** Propor alterações na legislação pertinente a barragens e hidroelétricas.

### **Proposta de Desafio Energia 2**

O Brasil já está com alto percentual de fontes renováveis conectadas à rede de distribuição ou ao Sistema Interligado Nacional (Rede Básica). No entanto, ainda existem comunidades isoladas supridas parcialmente com energia a partir de geradores a diesel ou sem energia elétrica.

**Desafio:** É necessário desenvolver sistemas que possam garantir energia elétrica renovável minimizando ou eliminando o uso do diesel com custo competitivo, e que possam operar autonomamente (sem operador local). Possivelmente, podem existir classes de usuários desde algumas dezenas até centenas de kVA. Já existem propostas de uso de sistema solar, eólico e baterias, mas, em geral, necessitam de operador. A operação sem operador ou com operador remoto pode ser um diferencial. A confiabilidade deve ser alta.

### **Proposta de Desafio Energia 3**

Há centros de carga em regiões remotas que são atendidos por geração de termoelétricas a Diesel que apresentam rendimento baixo pois há que ser considerado o consumo de energia para transportar o combustível em longas distâncias por cursos d'água em meandros. O exemplo mais marcante é São Gabriel da Cachoeira no norte da Amazônia.

**Desafio:** Estudo de usina hidroelétrica flutuante que, com tanques cheios de água possam afundar durante as estiagens e, no período úmido, com tanques vazios possam flutuar, sempre mantendo pequena queda bruta.

## **2) Tema: Meio Ambiente**

### **Proposta de Desafio Meio Ambiente 1**

Muito se discute atualmente sobre o real benefício da captura e armazenamento de CO<sub>2</sub> em aquíferos salinos no offshore brasileiro. Especialmente sobre a racionalidade econômica do método, comparado com a captura e sequestro de CO<sub>2</sub> pela natureza (fotossíntese).

**Desafio:** estabelecer metodologia para estimar o valor do crédito de carbono que viabilizaria economicamente a captura de carbono produzido em uma determinada instalação industrial (escolher um exemplo brasileiro) e armazenamento em um aquífero salino situado, por exemplo, a 50 km e a 100 km da costa. Para o transporte do CO<sub>2</sub> até o ponto de injeção, considerar: (a) instalação e transporte por duto rígido, bombeando o CO<sub>2</sub> a partir da costa; (b) compressão do CO<sub>2</sub> e transporte por um navio gaseiro até um navio de injeção que ficaria ancorado sobre a região do aquífero. Considerar que um poço de injeção custaria, para ser perfurado, 50 milhões de dólares e cada poço poderia receber uma vazão de 2 milhões de m<sup>3</sup>/d de CO<sub>2</sub> em condições atmosféricas, com uma pressão de injeção que preserve a integridade da rocha. Realizar sensibilidade à vazão de CO<sub>2</sub> e o impacto no valor de crédito de carbono que equilibra o resultado econômico. Incluir breve avaliação do volume máximo que poderia ser armazenado em um aquífero salino, considerando estimativas existentes, que consideram os diversos aspectos envolvidos (salinidade, pressão, limite de pressão de injeção, considerando a integridade

do reservatório etc.). O trabalho pode ser estendido, avaliando, para cada volume de CO<sub>2</sub> capturado anualmente, o equivalente em área de plantio de eucalipto, por exemplo, que teria que ser renovada anualmente que geraria o mesmo resultado em termos de captura de CO<sub>2</sub>.

### **Proposta de Desafio Meio Ambiente 2**

Seria interessante saber se o aumento da produção de álcool reduziu a área plantada de outras culturas (cítricos, milho, arroz, pecuária etc.). Há que considerar a evolução do desmatamento também. O Proálcool provocou a substituição de laranjais por canaviais, conforme o mercado. Mas a maior expansão da cana foi em áreas de pasto e provavelmente também em áreas de cafezais. Como o Brasil produz e exporta alimentos suficientes para 800 milhões de pessoas, isto naturalmente ocorre e ocorreu pelo desmatamento de extensas áreas de vegetação nativa. Seria interessante que o aumentássemos a produção do Biochar, carvão vegetal produzido pela combustão incompleta de resíduos agrícolas, que ajuda na fertilização do solo para o plantio além de potencializar o efeito dos fertilizantes químicos quando utilizados. Transcrevo aqui a frase do colega engenheiro Pietro Erber, ex-Eletronor e integrante do Comitê de Energia da ANE: “O Biochar serve para melhorar a produtividade agrícola e como forma de sequestrar carbono, sem levar junto oxigênio, como no sequestro de CO<sub>2</sub>”.

**Desafio:** Investigar os benefícios para o país na ampliação da produção dos biocombustíveis, da produção, armazenagem e transporte do H<sub>2</sub>V, do sequestro, uso e armazenagem do CO<sub>2</sub>, dos e-combustíveis e na ampla utilização do Biochar.

### **Proposta de Desafio Meio Ambiente 3**

Com a transição energética, a produção de água quente para o banho ou outros usos aquecidos por gás ou mesmo resistência elétrica devem ser evitados. O uso do gás produz CO<sub>2</sub> que não é desejável. O tradicional aquecimento resistivo é pouco eficiente energeticamente.

**Desafio:** Alguns países estão investindo em bombas de calor (heat pump) para aquecer a água com alta eficiência. Bombas de calor já são usadas há muitos anos para aquecimento de piscina. Seria viável algo similar de pequeno porte. Aquecer 100 litros de água?

### 3) Tema: Água e Saneamento

#### Proposta de Desafio Água 1

Propor iniciativas para aumentar da resiliência às enchentes da Região Metropolitana de Porto Alegre.

No desafio, os estudantes devem tomar como ponto e partida algum estudo conceitual ou anteprojeto que sirva à proposição de aperfeiçoamentos ou alternativas.

O relatório anexo “**Estudos de concepção e anteprojetos de engenharia de proteção contra cheias do rio Gravataí e afluentes em Alvorada e Porto Alegre/RS**” compara diferentes alternativas de engenharia para lidar com o problema de enchentes na margem esquerda do rio Gravataí, afetando, como diz o título, bairros dos municípios de Porto Alegre e de Alvorada.

Entre as alternativas examinadas, estão o reassentamento da população moradora das áreas inundáveis, a solução “corta rios” (um único polder) e a solução de quatro diques internos e áreas reservadas para inundação, constituindo sete polders. Como o relatório foi concluído em maio de 2018, é preciso avaliar se o estudo necessita de alguma atualização à luz do que ocorreu na enchente de 2024.

**Desafio:** consiste em responder às seguintes questões:

a) O anteprojeto se mostra adequado para as condições climáticas atuais, tendo como referência as últimas cheias ocorridas no Rio Gravataí e seus afluentes nos meses de setembro e novembro de 2023 e, principalmente, a que gerou o desastre de maio de 2024?

b) Há lacunas relevantes quanto à efetividade de medidas estruturais na mitigação dos riscos de inundação na área de abrangência do projeto? Caso positivo, quais seriam elas?

c) Há recomendações e sugestões adicionais que deveriam ser consideradas?

d) Existem atividades complementares que deveriam ser realizadas de forma concomitante e/ou pós-obra para a obtenção de sucesso na redução de riscos e desastres na localidade contemplada pelo projeto?

#### Proposta de Desafio Água 2

A população da Região Metropolitana de São Paulo reagiu à seca de 2014-2015 com grande criatividade. Por exemplo, os noticiários de TV mostraram pessoas armazenando água de chuva e água usada da máquina de lavar para posterior uso na descarga de vasos sanitários. O consumo diário per capita caiu abruptamente e ficou evidente que água potável é corriqueiramente utilizada em situações em que seria possível utilizar água não potável.

**Desafio:** O desafio é conceber um projeto conceitual de instalações hidráulicas num prédio comercial que torne permanente a aplicação de iniciativas improvisadas, adotadas durante secas, para aumentar a resiliência às mudanças climáticas.

### Proposta de Desafio Água 3

Em situações de crise hídrica, a água da chuva é armazenada e posteriormente usada na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins e outras aplicações. Para tornar essa utilização permanente, seria necessário conceber um projeto de instalações hidráulicas independentes em residências e prédios para tornar permanente essa utilização da água de chuva, com alto custo e em muitas vezes inviável.

**Desafio:** Criar pequenas unidades de baixo custo para captação e tratamento de água da chuva (que são quase límpidas) para que essa água tratada se torne potável e possa retornar a caixa d'água potável já disponível nas casas e prédios.

## 4) Tema: Engenharia da Complexidade e Cidades Inteligentes

### Proposta de Desafio Complexidade 1

80% da população brasileira vive em cidades. Na região Sudeste, este percentual é ainda maior, beirando os 90%. No entanto, as possibilidades de deslocamento nas nossas cidades deixam muito a desejar. O transporte coletivo no Brasil normalmente apresenta baixa qualidade e quantidade. Perdemos muito tempo e energia nos deslocamentos urbanos, além de provocarmos muita poluição com isso. Adicionalmente, o número de mortes e lesões diárias em acidentes de trânsito chega a ser superior ao registrado em países em guerra. Os automóveis elétricos podem até diminuir as emissões de CO<sub>2</sub>, mas continuarão ocupando precioso espaço nas ruas e provocando acidentes.

**Desafio:** Como poderíamos melhorar a mobilidade nas cidades brasileiras? A solução depende apenas de meios de transporte coletivos e mais eficientes, ou as cidades necessitam de uma nova organização do espaço? Ou, quem sabe, drones para transporte individual seriam o caminho, saindo das limitações dos meios de transporte em 2D, para ocupação do espaço 3D? Talvez as possibilidades de trabalho remoto, consultas médicas à distância, cursos EaD seriam a solução? Quanto tempo precisaríamos para esta transformação?

Caracterizam-se, portanto, várias questões interligadas, constituindo problema a ser tratado pela chamada “Engenharia da Complexidade”. Assim, as soluções esperadas devem ter um viés metodológico, que pode ser escolhido por diversos caminhos:

- Simulação computacional: criação de modelo interligando as questões de tráfego e ambientais para a análise e predição sob vários cenários.

- Equipe de projeto interdisciplinar: formação de equipe de diferentes áreas da engenharia como, por exemplo, planejamento urbano; sistemas sustentáveis de energia, enfatizando o trabalho colaborativo.

- Desafio de projeto de rede: projeto de um sistema em rede com robustez ao trabalhar com falhas em ambiente complexo como um sistema de comunicação ou um “data center”.

- Sistema adaptativo: desenvolvimento de um sistema adaptativo capaz de aprender a partir de dados do ambiente e modificar seu comportamento, aplicado em situações de robótica, inteligência artificial ou “smart-grids”.

## Proposta de Desafio Complexidade 2

### APLICAÇÃO DA ENTROPIA DE SHANNON NO ESCOAMENTO DE FLUIDOS

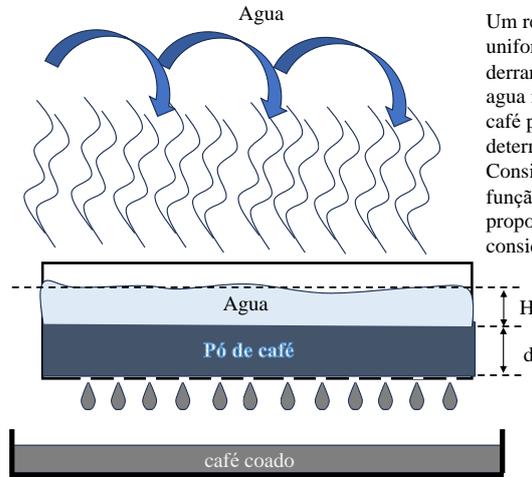
O Produto Interno Bruto brasileiro é muito influenciado pelo desempenho de setores primários da economia, como extração e processamento de óleo, gás e minérios. Assim, é muito importante para a engenharia brasileira ter máxima competência no desenvolvimento de projetos de sistemas de transporte de gás, óleo ou polpas minerais (misturas de partículas sólidas e água), seja no escoamento livre em canais ou em dutos pressurizados. A concepção desses projetos é embasada pela mecânica dos fluidos, onde a magnitude das variáveis (velocidade do fluxo, fator de atrito, gradiente de pressão, tensão de escoamento, viscosidade) exibe algum grau de incerteza, tornando crítico o escalonamento de protótipos para sistemas reais. Mundo afora, os engenheiros administram a incerteza através da aplicação de fatores de segurança/escalonamento, que são baseados no conhecimento empírico. Em meados do século XX, ao conceber a Teoria da Informação, Claude Shannon propôs um conceito disruptivo e muito mais abrangente para a acepção clássica do termo entropia, associando-o a uma incerteza estatística, baseada na Teoria das Probabilidades (Shannon, 1948). Dentro dessa perspectiva inovadora, a entropia (Entropia de Shannon) é considerada como uma medida da informação requerida para se expressar o estado de um sistema. Considerando o escoamento dos fluidos, sua entropia vai exibir maior magnitude na medida em que se dispõe de mais informação para descrever seus microestados, em conexão com a densidade dessa informação e sua incerteza (Sonuga, 1972; Chiu, 1993; Singh, 1997; Louzada, 2021).

#### Referências

1. CHIU, C.L.; LIN, G.F.; LU, J.M. (1993) Application of probability and entropy concepts in pipe-flow study. *Journal of Hydraulic Engineering*, v. 119, p.742-756.
2. SHANNON, C.E. (1948) A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, v. 27, p. 379-423.
3. SINGH, V.P. (1997) The use of entropy in hydrology and water resources. *Hydrological Processes*, v. 11, p. 587-626.
4. SONUGA, J.O. (1972) Principle of maximum entropy in hydrologic frequency analysis. *Journal of Hydrology*, v. 17, p. 177-191.
5. LOUZADA, J.C.G.; SOUZA PINTO, T.C.; MEIER, R.G.; SOUZA, P.A.; LEAL FILHO, L.S. (2021) Entropic friction factor modeling for mineral slurry flow in pressurized pipes. *Journal of Hydraulic Engineering*, 147(12): 06021018.

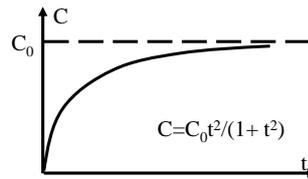
**Desafio:** Aplicar o conceito da Entropia de Shannon no escoamento de algum fluido não newtoniano (óleo, gás, polpas minerais), visando ao escalonamento de variáveis de fluxo (velocidade, fator de atrito, gradiente de pressão, tensão de escoamento, viscosidade) sem a necessidade de se aplicar fatores de segurança.

### Proposta de Desafio Complexidade 3



Um recipiente cujo fundo é permeável contém uma camada uniforme de café em pó com espessura igual a  $d$ . Sobre o café derrama-se água quente de modo que a altura da superfície de água mantém-se sempre a mesma,  $H$ . Sabendo-se que o pó de café pode ser considerado como um meio poroso pede-se determinar a concentração do café coado.

Considere que a variação da concentração de café  $C(t)$  em função do tempo de contato com o pó é conhecida como proposto na figura abaixo. A camada de café pode ser considerada como meio poroso conhecido.



Varição da concentração em função do tempo em contato com os grãos de café

Complete o problema com o mínimo de variáveis que considerar necessárias e resolva.

## 5) Tema: Agricultura

### Proposta de Desafio Agricultura 1:

As condições do solo são fundamentais para continuarmos a ser um importante fornecedor de produtos agrícolas e alimentos para o nosso País e para exportação. No entanto, o estado do solo depende diretamente das condições climáticas, que tem variado muito e sobre as quais não temos controle

**Desafio:** Desenvolver dispositivos IoT e processos para monitorar e analisar em tempo real condições climáticas e características do solo, otimizando o uso de recursos (como água e fertilizantes) e aumentando a produtividade.

### Proposta de Desafio Agricultura 2:

Os pequenos produtores precisam continuamente de informações ambientais e de mercado para melhorar o resultado da sua produção agrícola e conseqüentemente da sua renda.

**Desafio:** Desenvolver um sistema de Gestão Inteligente de Recursos na Agricultura Familiar, através da criação de uma plataforma IoT acessível para pequenos agricultores, integrando dados sobre clima, solo, plantas e mercado, para otimizar a produção e aumentar a sustentabilidade.

### **Proposta de Desafio Agricultura 3:**

Hoje, as máquinas de distribuição centrífuga para fertilização multi-fertilizante do NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) não fica bom. Isso porque as fontes de matéria prima do NPK têm densidade e volumetria diferentes. Então uma partícula é arremessada a 36 metros e outra a 30 metros, causando manchas na lavoura.

**Desafio:** Conceber máquinas de fertilização do solo capaz de formular/dosar várias fontes de matéria prima do NPK e aplicar no solo, conforme mapeamento feito. Uma opção seria aplicar com barras longas (parecidas com barra de pulverização). Hoje só conseguem realizar a fertilização com pequenas barras.

## **6) Tema: Saúde**

### **Proposta de Desafio Saúde 1:**

A inteligência artificial pode ser uma ferramenta importante para melhorar o atendimento médico primário a pacientes, em todo o País, especialmente em regiões remotas.

Os médicos que atendem nas UPAs – Unidades de Pronto Atendimento – necessitam de novas soluções para dar vazão ao grande e crescente número de pacientes, que tem acarretado filas enormes e demoras excessivas. Ao mesmo tempo, os médicos precisam estar sempre qualificados com todos os novos avanços da medicina moderna. O paciente, que prefere ser atendido próximo à sua moradia, quer melhoria na rapidez e um serviço médico de alta qualidade.

**Desafio:** Propor uma melhoria do atendimento primário de pacientes, usando Inteligência Artificial, através de:

- Melhoria do atendimento clínico primário pela oferta aos médicos de sugestões de diagnósticos e tratamentos baseados em dados do paciente
- Interpretação automática de dados complexos, como imagens de lesões
- Monitoramento contínuo dos pacientes para gerar informações adicionais que ajudem a melhorar a personalização do atendimento
- Gestão do acompanhamento médico entre consultas

### **Proposta de Desafio Saúde 2:**

O atendimento médico a pacientes com doenças crônicas, exige que eles se desloquem até os hospitais para fazer o acompanhamento da evolução da sua situação. Isto causa inúmeros problemas, como dificuldades no agendamento das visitas, deslocamento até os centros médicos, acompanhamento do estado do paciente no intervalo entre consultas, resposta médica no caso de emergências, entre outros.

**Desafio:** Desenvolver um sistema de monitoramento remoto de pacientes com doenças crônicas, utilizando dispositivos de IoT para monitorar sinais vitais de pacientes com doenças crônicas, enviando dados em tempo real para médicos, permitindo intervenções mais rápidas e precisas. Idealmente, utilizar o telefone celular do próprio paciente, como veículo de transmissão de dados.



### **Proposta de Desafio Saúde 3**

Temos hoje muitos centros de saúde pequenos e distantes que não tem expertise em várias especialidades por falta de escala ou por não ter condição capacitar seus profissionais.

**Desafio:** Criar uma plataforma onde os Grandes Centros de Saúde Públicas e Privadas do país possam compartilhar com Centros menores o conhecimento, lições aprendidas e descobertas que possam melhorar a Saúde no País.