

## Ciência que ajuda o meio ambiente: como a teoria das decisões pode tornar o tratamento de esgoto mais sustentável

Felipe Costa Araújo e Alexandre Bevilacqua Leoneti

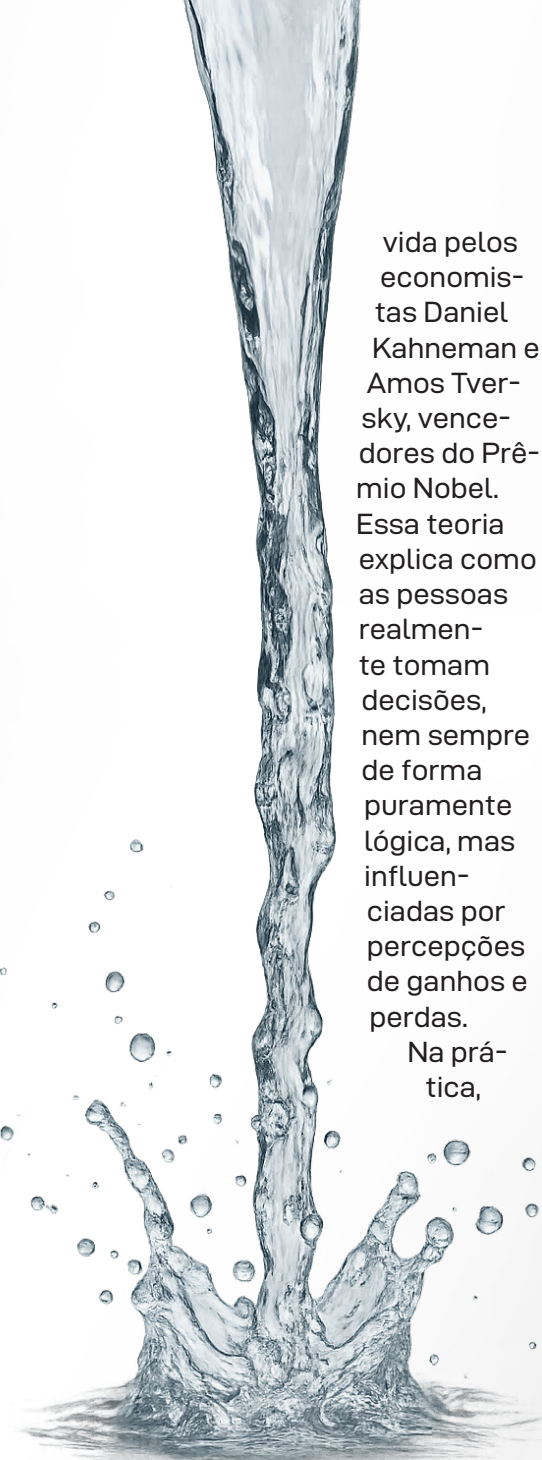
A água é um dos recursos mais valiosos do planeta. No entanto, o crescimento das cidades e o aumento da poluição tornam cada vez mais urgente pensar em formas inteligentes e sustentáveis de tratar o esgoto. Um estudo desenvolvido por Felipe Costa Araújo e Alexandre Bevilacqua Leoneti, pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), mostra como a teoria da decisão e métodos matemáticos podem ajudar gestores públicos a escolher as melhores tecnologias para o tratamento de águas residuais, um passo essencial para garantir saúde, qualidade de vida e preservação ambiental.

### O DESAFIO: DECIDIR ENTRE MUITAS OPÇÕES

Ao escolher uma nova estação de tratamento de esgoto (ETE), os gestores enfrentam um problema complexo. Existem várias tecnologias disponíveis, como lagoas, filtros biológicos e reatores anaeróbios, cada uma com vantagens e desvantagens. Além disso, é preciso considerar critérios econômicos, ambientais e sociais, que nem sempre apontam para a mesma direção. Por exemplo, um sistema que ocupa pouco espaço e consome menos energia pode ser mais caro para construir ou operar. Já outro,

mais barato, pode exigir uma grande área e causar mau cheiro, afetando o bem-estar da população. Essa multiplicidade de fatores torna a escolha uma verdadeira “equação de múltiplas variáveis”.

É aí que entra a análise de decisão multicritério (MCD-M/A), uma abordagem que combina dados técnicos e julgamentos humanos para comparar alternativas e indicar quais soluções equilibram melhor os diferentes objetivos. Tal abordagem foi utilizada no estudo da USP, que deu um passo além ao incorporar uma teoria que vem da psicologia: a teoria da perspectiva (*prospect theory*), desenvol-



vida pelos economistas Daniel Kahneman e Amos Tversky, vencedores do Prêmio Nobel. Essa teoria explica como as pessoas realmente tomam decisões, nem sempre de forma puramente lógica, mas influenciadas por percepções de ganhos e perdas.

Na prática,

isso significa que os pesquisadores adaptaram méto-

Segundo Leoneti, pesquisador do Instituto Nacional de Sistemas de Informação e Decisão (INSID), isso permite aproximar o modelo da realidade, tornando os resultados mais coerentes com o modo como gestores públicos e engenheiros realmente avaliam suas opções.

### **O CASO DA BACIA DO RIO PARDO**

Para testar o método, os pesquisadores analisaram um cenário real: os 30 municípios que compõem a Bacia do Rio Pardo, no interior de São Paulo. Essa região tem uma população média de 40 mil habitantes por cidade e uma cobertura de coleta de esgoto de mais de 99%. O desafio, nesse caso, é ampliar o tratamento e garantir que ele seja ambiental e economicamente sustentável.

Os cientistas montaram uma matriz de decisão com 14 tipos de sistemas de tratamento de esgoto e 11 critérios de avaliação, divididos entre aspectos econômicos (como custos de implantação e operação), ambientais (como eficiência na remoção de poluentes e consumo de energia) e sociais (como odor, necessidade de espaço

Behavioral TOPSIS, além de um método tradicional de soma ponderada, para comparar os resultados.

Os métodos inspirados na teoria da perspectiva mostraram-se mais sensíveis à forma como os gestores percebem as perdas e ganhos de cada opção. No caso estudado, o sistema mais bem avaliado foi o que combina um reator anaeróbio (UASB) e um filtro biológico de alta carga, por equilibrar baixo custo operacional, bom desempenho energético e menor exigência de espaço. Em contraste, o método mais simples de soma ponderada escolheu um sistema mais barato, porém que ocupava muito mais área, uma característica que, na prática, pode inviabilizar sua adoção em cidades densamente ocupadas.

Esses resultados mostram que incluir o comportamento humano no modelo muda o resultado final e pode levar a decisões mais realistas e sustentáveis.

### **UMA FERRAMENTA PARA POLÍTICAS PÚBLICAS**

O trabalho demonstra como a união entre ciências sociais e exatas pode produzir soluções mais completas para

**Os métodos inspirados na teoria da perspectiva mostraram-se mais sensíveis à forma como os gestores percebem as perdas e ganhos de cada opção.**

dos matemáticos de análise multicritério para considerar o comportamento humano frente ao risco e à incerteza.

e número de funcionários). Em seguida, aplicaram dois métodos baseados na teoria da perspectiva, ExpTODIM e

problemas ambientais. Ao usar métodos que combinam dados técnicos, preferências humanas e teoria econômica,



os pesquisadores oferecem aos gestores públicos uma ferramenta robusta para planejar investimentos em saneamento.

A aplicação prática é clara: municípios podem usar o modelo para selecionar projetos de ETEs que melhor atendam suas condições locais, levando em conta tanto as limitações financeiras quanto os impactos sociais e am-

transporte sustentável.

### **POR QUE ISSO IMPORTA**

O saneamento básico é um dos pilares do desenvolvimento sustentável. No Brasil, embora o acesso à água potável tenha avançado, cerca de 40% do esgoto ainda não é tratado adequadamente. Investir em tecnologias eficientes e sustentáveis significa

tante para políticas públicas mais eficazes e transparentes.

Estudos como este mostram que a academia tem um papel fundamental em apoiar gestores e tomadores de decisão com ferramentas científicas que traduzem a complexidade em clareza. Afinal, a sustentabilidade depende de escolhas informadas e bem estruturadas.

**A aplicação prática é clara: municípios podem usar o modelo para selecionar projetos de ETEs que melhor atendam suas condições locais, levando em conta tanto as limitações financeiras quanto os impactos sociais e ambientais.**

bientais. Isso é especialmente importante para cidades pequenas e médias, onde os recursos são escassos e as decisões precisam ser muito bem fundamentadas.

Além disso, os métodos baseados na teoria da perspectiva podem ser aplicados a outros tipos de decisão pública, como a escolha de tecnologias para energia renovável, coleta de resíduos sólidos ou políticas de

não só proteger rios e mananciais, mas também prevenir doenças, reduzir desigualdades e melhorar a qualidade de vida da população.

Ao incorporar o modo como as pessoas realmente pensam e decidem, a teoria da perspectiva traz um olhar mais humano à matemática da sustentabilidade. A combinação com os métodos de análise multicritério representa um avanço impor-

Em resumo, o estudo de Araujo e Leoneti mostra que ciência, tecnologia e comportamento humano podem caminhar juntos. E quando isso acontece, quem ganha é toda a sociedade: com cidades mais limpas, rios mais saudáveis e decisões públicas mais conscientes.



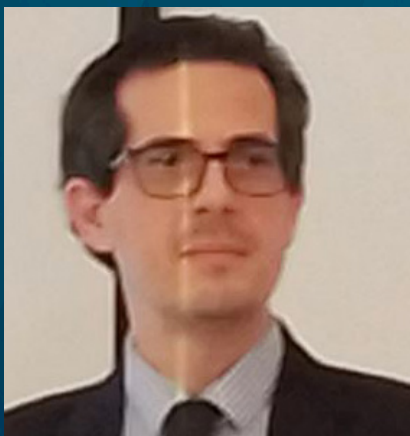
Image by freepic.diller on Freepik

# PESQUISADORES



## Felipe Costa Araújo

Mestre em Administração de Organizações pela FEA-USP - Ribeirão Preto, Engenheiro de Produção graduado pela Universidade Federal de Itajubá (2005) e técnico em Administração de Empresas pela Escola Técnica de Formação Gerencial (2000). Trabalha na Petrobras como Engenheiro de Produção desde 2018. Principais áreas de interesse: Métodos de tomada de decisão, Métodos quantitativos, Pesquisa Operacional aplicada e Regulação de mercados de Petróleo e Gás Natural.



## Alexandre Bevilacqua Leoneti

Doutor em Ciências pela EESC-USP, Mestre em Administração de Organizações pela FEARP-USP, Bacharel em Matemática Aplicada a Negócios FFCLRP-USP, e Bacharel em Administração de Empresas pela UNIP. Experiência em métodos quantitativos aplicados a tomada de decisão nas organizações, atuando principalmente nas seguintes áreas: análise multivariada de dados, estatística não-paramétrica, teoria dos jogos, decisão multicritério, teoria da escolha social e indicadores de sustentabilidade. Atua como pesquisador no Grupo de Pesquisa em Ciências da Decisão (INTEGRA), associado ao Instituto Nacional de Sistemas de Informação e Decisão (INCT-INSID). É professor doutor na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP em Ribeirão Preto.

**Contato:** [ableoneti@usp.br](mailto:ableoneti@usp.br)

## Referência

ARAUJO, Felipe Costa; LEONETI, Alexandre Bevilacqua. Prospect Theory and MCDM/A Methods in the Selection of Sustainable Wastewater Treatment Plants. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 151, n. 10, p. 04025050, 2025.

