



# I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

Água para o Desenvolvimento  
Recife, 24, 25 e 26 de Março de 2026

## DESEMPENHO OPERACIONAL DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA SOB UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO

*Pâmella Gomes da Silva Farias<sup>1</sup>; Saulo de Tarso Marques Bezerra<sup>2</sup>; Máisa Mendonça Silva<sup>3</sup>; Martina Tamires Linz Cezano<sup>4</sup>*

**Palavras-chave:** Avaliação multicritério, Empresas de distribuição de água, Grey-TOPSIS, Índices operacionais.

### INTRODUÇÃO

Sobre os sistemas de abastecimento de água, dois pontos fundamentais influenciam a sustentabilidade hídrica no meio ambiente. O primeiro relaciona-se à escassez hídrica, sendo necessárias medidas administrativas rigorosas considerando a disponibilidade de água na região; e o segundo, às taxas de perda nos sistemas brasileiros (Medeiros, 2017).

As empresas de abastecimento de água têm um papel essencial no desenvolvimento urbano sustentável, pois gerenciam um dos recursos naturais mais críticos e necessários para manter uma rotina com qualidade para a população (Pérez *et al.*, 2018).

O desenvolvimento sustentável é um fator relevante para a gestão e regularização do setor hídrico, pois é preciso atingir metas para atender às necessidades da população. Embora haja a necessidade de melhorias nos sistemas urbanos, é necessário alcançar a qualidade dos serviços com uma gestão eficiente (Molinos-Senante *et al.*, 2016).

A prestação dos serviços pode ser verificada pela eficiência ou eficácia do sistema. Com isso, o benchmarking é crucial para controlar e monitorar a qualidade do serviço, junto às práticas de gestão, e alcançar uma tomada de decisão racional para a gestão eficaz (Haider; Sadiq; Tesfamariam, 2016). O benchmarking geralmente se baseia em indicador de desempenho que permite uma análise comparativa, incentivando as concessionárias com baixo desempenho a elevarem a qualidade do serviço (Molinos Senante *et al.*, 2016).

Os indicadores de desempenho são utilizados como ferramentas importantes para avaliar o desempenho dos sistemas de abastecimento de água, pois representam uma mensuração quantitativa do nível do serviço prestado, sendo capazes de simplificar uma avaliação que, de outra forma, seria muito mais complexa. O uso desses serviços é uma prática cada vez mais crescente no Brasil e no mundo (Mundim; Volschan Junior, 2020).

Este trabalho realiza uma avaliação multicritério das empresas de abastecimento de água no Brasil a partir dos indicadores operacionais disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), pelo método Grey-TOPSIS. A imprecisão dos

---

<sup>1</sup>) Universidade Federal de Pernambuco: Av. Marielle Franco, s/n – km 59, Caruaru, PE, 55014-900. Telefone: (81) 9 9828-2209. E-mail: pamella.gomes@ufpe.br

<sup>2</sup>) Universidade Federal de Pernambuco: Av. Marielle Franco, s/n – km 59, Caruaru, PE, 55014-900. Telefone: (81) 9 9608-3235. E-mail: saulo.tarso@ufpe.br

<sup>3</sup>) Universidade Federal de Pernambuco: Av. da Arquitetura – Cidade Universitária, Recife, PE, 50740-550. Telefone: (81) 9 8815-6488. E-mail: maisa@cidsid.org.br

<sup>4</sup>) Universidade Federal de Pernambuco: Av. Marielle Franco, s/n – km 59, Caruaru, PE, 55014-900. Telefone: (81) 9 9759-6746. E-mail: martina.cezano@ufpe.br

dados foi modelada utilizando a teoria dos números cinzas, e o uso do método TOPSIS, foi direcionado ao tratamento de problemas complexos de natureza multicritério.

## **METODOLOGIA**

O presente estudo teve como objetivo avaliar os serviços prestados em todo o território nacional brasileiro por empresas regionais no contexto do abastecimento de água, juntamente com os indicadores de desempenho operacional.

Assim, para cada avaliação de sustentabilidade, alguns estudos identificaram que a seleção dos indicadores iniciais deve ser baseada em alguns pontos, como facilidade de compreensão, relevância, confiabilidade, transparência, e comparabilidade, além de estar relacionada à disponibilidade dos dados nos sistemas (Molinos-Senante *et al.* 2016). Com isso, os indicadores utilizados nesta seção foram construídos com um equilíbrio entre a disponibilidade no SNIS e a relevância, com base no grau de importância, disponibilidade de informação oficial e viabilidade de uso em relação ao serviço prestado pela empresa.

Os indicadores operacionais são ferramentas que auxiliam as concessionárias na gestão da prestação de serviços e são extremamente importantes para o desenvolvimento de planos de diferentes componentes da infraestrutura física da concessionária para uma gestão eficaz de ativos (Haider; Sadiq; Tesfamariam, 2016). Os indicadores selecionados são: IN010 (índice de micromedicação relativo ao vol. disponibilizado), IN013 (índices de perdas por faturamento), IN022 (consumo médio per capita de água), IN023 (índice de atendimento urbano de água), IN049 (índice de perdas na distribuição), IN051 (índice de perdas por lig.), IN052 (índice de consumo) e o IN055 (índice de atendimento total).

Esses indicadores servem para avaliar a qualidade dos serviços de abastecimento de água no Brasil, sendo de domínio público e organizadas a partir de declarações anuais de responsabilidade de empresas estatais, privadas, entre outras.

A coleta de dados para a pesquisa foi realizada considerando as informações oficiais (dados agregados) disponíveis em cada indicador de desempenho. Essas informações abrangem 10 anos, de 2012 a 2021, coletadas dos bancos de dados do SNIS.

O SNIS é o maior e mais importante sistema de informações do setor de saneamento no Brasil, regulamentado pelo governo federal brasileiro, com um banco de dados que contém informações institucionais, administrativas, operacionais, gerenciais, econômico-financeiras e contábeis sobre a prestação de serviços básicos de saneamento.

Os valores para cada ano foram coletados para cada indicador, e os valores mínimo e máximo foram utilizados como limites inferior e superior na matriz de decisão do problema multicritério. A abordagem de números cinzas evita o uso da média dos valores, o que seria uma solução mais simples; com isso, os valores dos 10 anos são representados por um intervalo, no qual qualquer valor entre o mínimo e o máximo é possível.

A necessidade de utilizar métodos de apoio à decisão para atingir múltiplos objetivos leva à constatação de que os problemas reais enfrentados por empresas e organizações são intrinsecamente multicritério. Na maioria das vezes, um problema não reflete um único critério, mas vários, com diferenças relevantes para a escolha daquele que melhor representa o desempenho; em outras palavras, não existe um único critério que seja o melhor. Portanto, em diversas ocasiões, os modelos de análise multicritério são o método mais adequado para apoiar a tomada de decisão devido a essa flexibilidade.

Para a gestão de sistemas de abastecimento de água, a busca por decisões que envolvam diversos critérios é uma opção importante para desenvolver várias características dos problemas reais, e pode ser compreendida de forma a facilitar a tomada de decisão, onde, com um conjunto de métodos, é possível o tratamento paralelo de questões econômicas, sociais, políticas e ambientais.

Dentre os métodos existentes para análise multicritério, considerou-se o método híbrido Grey-TOPSIS, que serve para construir um modelo de apoio à tomada de decisão em problemas multicritério inseridos em um ambiente com informações imprecisas.

O método Grey será utilizado para resolver problemas que não são expressos de forma coerente pelos tomadores de decisão. Foi concebido para trabalhar com dados imprecisos e tornar o modelo proposto mais conciso e realista. O método TOPSIS é um dos métodos de apoio à resolução de problemas multicritério de tomada de decisão. Este método é de fácil aplicação e compreensão, e foi escolhido para ser utilizado nesta resolução por se caracterizar pelo cálculo de um coeficiente baseado na distância que cada alternativa apresenta aos pontos da solução ideal positiva e da solução ideal negativa.

## RESULTADOS

Para as alternativas, foram utilizados os dados anuais agregados dos 28 prestadores de serviços. Para os critérios, foram utilizados oito indicadores operacionais. Esses dados serão avaliados em um cenário onde todos os pesos serão iguais para todos os critérios, considerando que todos os indicadores são relevantes para a pesquisa.

Os indicadores selecionados foram renomeados, sendo C1 a C8, para facilitar a visualização e auxiliar na leitura dos resultados. É importante ressaltar que alguns critérios avaliados são de minimização (quanto menor, melhor) e outros de maximização (quanto maior, melhor). E isto também é levado em consideração na análise.

Para a obtenção dos resultados, a avaliação foi seguida de 7 etapas. Na Etapa 1 foi elaborada a matriz de avaliação Grey. Na Etapa 2, foi obtida a matriz *crispy* final. A Etapa 3 foi seguida da ponderação da matriz *crispy*. Na Etapa 4, foi realizado o cálculo de soluções ideais (ideal inferior e superior). Na Etapa 5 foi feito o cálculo das distâncias. A Etapa 6 traz a performance global de cada alternativa avaliada. E a Etapa 7, o resultado do desempenho global de cada companhia de abastecimento através de um ranking.

Os valores do desempenho global das 28 companhias de abastecimento de água variaram de 0,730 a 0,306. Em relação aos resultados, o ranking indica que as três primeiras empresas da classificação foram: SANEPAR, SANEATINS e ATS.

Em geral, o método TOPSIS é útil para os tomadores de decisão estruturarem os problemas a serem resolvidos e conduzirem análises, comparações e classificação das alternativas. O principal benefício da aplicação deste método neste estudo é a capacidade de mensurar o desempenho de cada empresa de forma matemática. O método, em seus cálculos, realiza uma combinação entre as distâncias buscando a melhor solução. Por essa razão, uma classificação é obtida a partir de uma análise tanto das compensações positivas que uma alternativa apresenta em um determinado critério quanto das compensações negativas que a mesma alternativa apresenta em outro critério, realizando assim um equilíbrio entre os critérios e permitindo a obtenção do resultado.

Entretanto, a maioria das situações do mundo real possui uma estrutura mais complexa, por isso se utilizou a teoria dos conjuntos cinzentos para modelar a imprecisão, a incerteza, a falta de informação ou a vagueza em relação aos dados dos últimos 10 anos.

Por fim, foi feita uma análise de robustez para determinar a estabilidade da solução. A robustez dos resultados deste estudo foi obtida por meio de uma análise de sensibilidade realizada em duas etapas. A primeira, alterando os pesos em 5% para mais ou para menos. E a segunda etapa foi realizada considerando a exclusão de cada critério por vez.

E para os resultados obtidos para cada situação, nesta análise, pode-se concluir que todos os critérios analisados são relevantes e importantes para a pesquisa, pois a exclusão de cada um deles apresentou alterações superiores a 46% na classificação. A maior alteração foi uma diferença de mais de 89% na classificação final, com 25 mudanças.

## CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma aplicação do método Grey-TOPSIS no apoio a tomada de decisão multicritério para a ordenação de prestadores de serviços. Este método se mostrou adequado para modelar critérios quantitativos e qualitativos e apoiar a tomada de decisão em grupo, além de trazer clareza de informações em situações de incerteza.

Após os estudos sobre o método Grey-TOPSIS, pode-se concluir que o modelo proposto, através das alternativas e dos critérios selecionados, foi eficaz. Pois, além de trabalhar de maneira objetiva com dados imprecisos, que são de difícil entendimento para a tomada de decisão, temos como resultado uma ordenação com nível alto de confiança.

Esse método trouxe resultados úteis e de simples visualização para auxiliar profissionais e pesquisadores envolvidos com a gestão dos sistemas de abastecimento de água e aplicação de um método adequado aos requisitos deste domínio de problema.

Por fim, utilizar este método neste setor é uma ferramenta indispensável para a implementação de operações de combate, pois facilita a identificação de melhoria e possibilitam medições precisas, podendo reduzir custos desnecessários e ampliando o acesso e a informação, já que é um método simples e que pode ser utilizado por qualquer empresa para fazer seu próprio monitoramento de desempenho. Além de se ter a vantagem da abordagem multidimensional nos direcionamentos de melhoria, que foi o caso utilizado nesta pesquisa.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Universidade Federal de Pernambuco, e à FACEPE e CNPq pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

HAIDER, H; SADIQ, R; TESFAMARIAM, S. Inter-Utility Performance Benchmarking Model for Small-to-Medium-Sized Water Utilities: Aggregated Performance Indices. American Society of Civil Engineers (ASCE), Journal of Water Resources Planning and Management, Canadá, vol. 142, ed. 1, jan., 2016.

MEDEIROS, L. E. L. Utilização dos indicadores convencionais e de satisfação dos usuários para avaliação da qualidade do serviço de abastecimento de água na cidade de Campina Grande/PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande/PB, 96 p., mar., 2017.

MOLINOS-SENANTE, M. et al. Assessing the sustainability of water companies: a synthetic indicator approach. Ecological Indicators, Santiago/Chile, vol. 61, parte 2, p. 577-587, fev., 2016.

MUNDIM, B. C.; VOLSCHAN JUNIOR, I. Avaliação dos indicadores de desempenho operacionais e de qualidade do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento para sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Revista DAE, São Paulo/SP, vol. 68, n. 227, p. 20-34, nov., 2020.

PÉREZ, F. et al. Dynamic goal programming synthetic indicator: na application for water companies sustainability assessment. Urban Water Journal, vol. 15, n. 6, p. 592-600, out., 2018.