

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

UM ESTUDO DAS PERDAS HÍDRICAS DOS MUNICÍPIOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS CAPIVARI, PIRACICABA E JUNDIAÍ

Eduarda Pains Campos – FAPIC/Reitoria/PUC-CAMPINAS¹
Profa. Dra. Denise Helena Lombardo Ferreira – PUC-CAMPINAS²

Introdução

A água é um recurso essencial para a vida e o desenvolvimento socioeconômico, desempenhando papel estratégico na produção agrícola, industrial e no consumo humano. No entanto, sua abundância em determinadas regiões brasileiras tem gerado um uso predatório e ineficiente, agravado por perdas hídricas significativas nos sistemas de abastecimento de água. Ucler e Kocken (2023) realizaram uma pesquisa inserida no contexto da crescente demanda por água causada pelo crescimento populacional, industrialização e modernização do estilo de vida, enfatizando a escassez dos recursos hídricos devido principalmente ao uso excessivo e escassez de recursos. Estes problemas colocam uma pressão tremenda sobre os tomadores de decisão, que devem implementar planos para criar suprimentos de água em regiões propensas a enfrentar escassez no futuro. Essa realidade compromete não apenas a sustentabilidade dos recursos hídricos, mas também a eficiência operacional e econômica das companhias de saneamento. Nas Bacias Hidrográficas dos Rios Capivari, Piracicaba e Jundiaí (Bacias PCJ), localizadas em áreas altamente urbanizadas do Sudeste brasileiro, o desafio é ainda maior devido à intensa demanda, poluição e ocupação desordenada do solo.

Objetivo

O objetivo principal desta pesquisa é aplicar o método multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para elaborar um *ranking* dos municípios inseridos nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, com base nos níveis de perdas hídricas nos sistemas de abastecimento de água.

Metodologia

A presente pesquisa é de natureza aplicada, com abordagem quali-quantitativa, caráter exploratório e descritivo. A área de estudo compreende os municípios inseridos nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, que abrangem 76 cidades nos estados de São Paulo e Minas Gerais (Comitês PCJ, 2021). Os dados utilizados foram obtidos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, SNIS (2022), referentes ao ano de 2022. O método multicritério *Analytic Hierarchy Process*, desenvolvido por Saaty (2004) foi empregado para classificar os municípios quanto às perdas hídricas. O AHP permite hierarquizar alternativas com base em múltiplos critérios, por meio da construção

¹ Estudante do curso de Ciência de Dados e Inteligência Artificial. Pontifícia Universidade Católica de Campinas, PUC-CAMPINAS – Campinas/SP. E-mail: eduarda.pc1@puccampinas.edu.br.

² Doutora em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica de Campinas, PUC-CAMPINAS – Campinas/SP. E-mail: lombardo@puc-campinas.edu.br.

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

de uma matriz de comparações pareadas. Nesse contexto, o método AHP foi escolhido por sua capacidade de lidar com múltiplos critérios e estruturar decisões complexas, como já demonstrado por Rossetti *et al.* (2024) em um estudo aplicado às Bacias PCJ, no qual o método foi utilizado para ranquear 76 municípios com base em indicadores técnicos e sociais de abastecimento de água. Nesta pesquisa, os indicadores selecionados como critérios: índice de micromedição (IN010), índice de macromedição (IN011), índice de água não faturada (IN013), índice de perdas na distribuição (IN049), índice bruto de perdas lineares (IN050), e índice de perdas por ligação (IN051). Os pesos atribuídos a cada indicador foram definidos com o apoio da orientadora e demais membros do grupo de pesquisa. A análise foi estruturada em diferentes rodadas: uma geral, utilizando todos os indicadores simultaneamente; outra separando-os por eficiência e uma última segmentando os municípios por Tipologia, sendo a Tipologia A: municípios até 20.000 habitantes; Tipologia B: 20.001 a 50.000 habitantes; Tipologia C: 50.001 a 100.000 habitantes; Tipologia D: mais de 100.000 habitantes. As comparações entre os municípios foram realizadas com apoio computacional, e os dados foram normalizados para garantir consistência nos resultados. Municípios com ausência de dados foram desconsiderados.

Resultados

A aplicação do método AHP possibilitou uma análise estruturada e comparativa dos municípios das Bacias PCJ quanto às perdas hídricas no sistema de abastecimento. Inicialmente, foi realizada uma revisão teórica sobre o conceito de perdas hídricas, suas classificações (reais e aparentes), impactos socioambientais e econômicos, além das estratégias de mitigação adotadas pelas principais prestadoras de serviço da região: SANASA, SABESP e BRK Ambiental. A seleção dos indicadores baseou-se nos dados do SNIS de 2022, considerando critérios técnicos e a disponibilidade de informações. Durante o tratamento dos dados, sete municípios precisaram ser excluídos devido à ausência de informações. A análise foi realizada a partir de três rodadas: (i) todos os critérios; (ii) natureza jurídica das operadoras de abastecimento de água; e (iii) faixas populacionais. Essa abordagem multifacetada possibilitou identificar os municípios com melhor desempenho e aqueles que necessitam de atenção prioritária. Na Tabela 1 são apresentados os municípios que ocuparam as primeiras e últimas posições do *ranking* em cada tipologia.

Tabela 1. Classificação dos municípios de acordo com as tipologias e indicadores utilizados.

Tipologia A	Tipologia B
Pinhalzinho	Iracemápolis
Toledo	Extrema
Tipologia C	Tipologia D
Monte Mor	Bragança Paulista
Amparo	Itu

Fonte: Elaboração própria.

O agrupamento dos municípios em tipologias facilita a análise, pois as comparações são feitas com os municípios de mesmo padrão populacional. A Tabela 2 apresenta a análise

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

estatística descritiva do índice composto aplicado às 76 cidades, previamente agrupadas em quatro tipologias.

Tabela 2. Análise estatística por tipologia.

Tipologia	Média	Desvio-Padrão	Primeiro Quartil	Mediana	Terceiro Quartil
A	0,515	0,254	0,344	0,502	0,682
B	0,191	0,212	0,104	0,129	0,227
C	0,405	0,284	0,141	0,386	0,581
D	0,354	0,261	0,142	0,319	0,409

Fonte: Elaboração própria.

A Tipologia A registrou a maior média (0,515), além do maior desvio padrão (0,254), indicando melhor desempenho geral no índice e maior variabilidade entre os municípios do grupo. Por outro lado, a Tipologia B obteve a menor média (0,191) e menor dispersão (0,212), o que aponta para um desempenho mais baixo e relativamente homogêneo. As Tipologias C e D apresentaram médias intermediárias (0,405 e 0,354, respectivamente), com níveis de dispersão moderados. A análise dos quartis reforça essas diferenças, evidenciando contrastes entre os grupos e contribuindo para uma compreensão mais aprofundada dos perfis municipais observados.

Conclusão

Ao utilizar o método AHP, a pesquisa busca ir além da simples coleta de dados, oferecendo uma análise robusta e sistemática que permite identificar padrões, tendências e áreas prioritárias de intervenção, com foco nas perdas hídricas dos municípios. O AHP oferece uma estrutura analítica que leva em consideração múltiplos critérios, permitindo uma avaliação ponderada das alternativas, neste caso, os municípios em relação à gestão das perdas hídricas. É crucial destacar que a aplicação do método AHP é apenas uma etapa do processo. A análise dos indicadores coletados e a construção do *ranking* devem ser seguidas por ações concretas e políticas públicas direcionadas para reduzir as perdas hídricas nas regiões identificadas como prioritárias ou com maior carência desses problemas. Além disso, é fundamental notar que a qualidade dos dados utilizados impacta diretamente na precisão e validade dos resultados obtidos. O estudo reforça o papel estratégico da análise multicritério na formulação de políticas públicas eficazes, especialmente diante da urgência em reduzir perdas hídricas e garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos nas Bacias PCJ.

Referências

COMITÊS PCJ. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2023 (Ano base 2022)**, versão simplificada, 2021. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1OYmKdTLdeY5fmaLRXfqO8rFRWYz9dKWX/view>. Acesso em: 20 abr. 2025.

SAATY, T. L. Decision making: the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). **Journal of systems science and systems engineering**, v. 13, n. 1, p. 1-35, 2004.

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto – Visão Geral (ano base 2022)**, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/ptbr/acessoainformacao/acoeseprogramas/saneamento/snis/produtosdosnis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2023.pdf. Acesso em: 22 de abr. 2025.

UCLER, N.; KOCKEN, H. G. A Scenario-based Interval Multi-objective Mixed-integer Programming Model for a Water Supply Problem: An Integrated AHP Technique. **Water Resour Management**, v. 37, p. 5973–5988, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03638-2>.

ROSSETTI, F.; FERREIRA, D. H. L.; CARMO, L. A. G.; SUGAHARA, C. R. Abastecimento de água das Bacias PCJ: uma aplicação do método AHP. In: **Fórum Internacional Ecoinnovar**, 13, 2024, Rio Grande/RS. Rio Grande: Universidade Federal do Rio Grande – FURG, 2024. Formato híbrido.