Contribuições de Modelos Matemáticos para a Sustentabilidade

Contributions of Mathematical Models to Sustainability

Denise Helena Lombardo Ferreira

https://doi.org/10.37497/alumni.inbooks.4.c33

1 INTRODUÇÃO

No ano de 1986, tive a oportunidade de ingressar no quadro de funcionários da PUC-Campinas. Na PUC-Campinas permaneço até os dias de hoje ministrando diversas disciplinas para vários cursos da graduação, e nos Programas de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Sistemas de Infraestrutura Urbana, ambos em nível de Mestrado.

Em 2015, fui convidada a integrar a equipe responsável pela elaboração da proposta do Mestrado na PUC-Campinas. Esse esforço culminou, em 2016, na criação do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade.

Em 2016, passei a integrar o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade. No mestrado, a colaboração com pesquisadores e discentes tem resultado na elaboração de diversos projetos de pesquisa e produções científi-

1 INTRODUCTION

In 1986, I joined PUC-Campinas, where I have remained throughout my academic career, teaching a variety of courses across several undergraduate programs and in the Graduate Programs in Sustainability and Urban Infrastructure Systems, both at the master's level.

In 2015, I was invited to join the team responsible for developing the proposal for a new master's program at PUC-Campinas. This effort culminated in the creation of the Graduate Program in Sustainability (PPGS) at PUC-Campinas in 2016.

In 2016, I joined the faculty of the PPGS. Within the master's program, my collaboration with researchers and graduate students has resulted in the development of various research projects and scientific publications. I have

ficas. Tenho ministrado algumas disciplinas, como Seminários Avançados, Fundamentos da Sustentabilidade: Conceitos e Reflexões, Recursos Hídricos e Análise de Dados Quantitativos. Além da docência, tenho atuado na orientação e coorientação de alunos e participado de bancas examinadoras. Essa convivência multidisciplinar tem proporcionado uma valiosa troca de experiências e um aprendizado contínuo.

A seguir são detalhadas as pesquisas realizadas ao longo da permanência no Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade.

1.1 Indicadores de sustentabilidade: aplicações de modelos matemáticos

A pesquisa intitulada *Indicadores de sustentabilidade: aplicações de modelos matemáticos* integra a aplicação de modelos matemáticos a fim de compreender os indicadores de sustentabilidade.

O objetivo da pesquisa visou levantar e estudar alguns indicadores de sustentabilidade e, posteriormente aplicar modelos matemáticos já existentes, bem como elaborar outros modelos a partir dos já existentes, com a finalidade de auxiliar na tomada de decisão de problemas relacionados com essa temática.

Os indicadores capturam tendências para informar os agentes de decisão, orientar o desenvolvimento e o monitoramento de políticas e estratégias, dentre outras funções. Já os modelos matemáticos podem ser úteis para descrever e representar matematicamente a realidade, abrangendo diferentes áreas do conhecimento, favorecendo a obtenção, interpretação e análise das informações a serem estudadas.

Os indicadores são úteis, pois servem não apenas para medir a sustentabilidade

taught courses such as Advanced Seminars, Fundamentals of Sustainability, Water Resources, and Quantitative Data Analysis. In addition to teaching, I have been involved in student supervision and co-supervision and have served on examination committees. This multidisciplinary environment has fostered a valuable exchange of experiences and continuous learning.

The research conducted during my time in the PPGS is detailed below.

1.1 Sustainability Indicators: Applications of Mathematical Models

The research entitled “Sustainability Indicators: Applications of Mathematical Models” applies mathematical models to the analysis and understanding of sustainability indicators.

This research aimed to identify and study sustainability indicators and then apply existing mathematical models, as well as develop new ones based on existing models, to support decision-making on related problems.

Indicators capture trends to inform decision-makers, guide the development and monitoring of policies and strategies, among other functions. Mathematical models, on the other hand, can describe and represent reality mathematically across different areas of knowledge, facilitating the acquisition, interpretation, and analysis of the information to be studied.

Indicators are useful because they not only measure each region’s sustainability but also provide an early warning system to prevent problems and support strategic decision-making (Sugahara et al., 2022).

de cada região, mas também fornecem um sistema de alerta para evitar problemas e auxiliar na tomada de decisões estratégicas (Sugahara et al., 2022).

A pesquisa realizada fez uso de algumas técnicas da área de Pesquisa Operacional, dentre as quais Avaliação de Custos Completos, Análise Envoltória de Dados, Lógica Fuzzy, Programação Linear, Programação Linear Inteira. O emprego dessas ferramentas auxilia na compreensão de indicadores ambientais, permitindo, consequentemente, tomadas de decisão mais assertivas diante da problemática ambiental.

1.2 Aplicação de modelos matemáticos para analisar a eficiência de portos brasileiros

A pesquisa intitulada *Aplicação de modelos matemáticos para analisar a eficiência de portos brasileiros* integra a aplicação de alguns modelos matemáticos para verificar a eficiência dos portos brasileiros.

O objetivo da pesquisa visou levantar os dados e informações referentes aos portos brasileiros e, por meio de modelos matemáticos, auxiliar na tomada de decisão de problemas relacionados com essa temática.

Carvalho, Ferreira e Sugahara (2021) destacam que o crescimento intenso da atividade portuária brasileira impulsiona o desenvolvimento do setor no cenário internacional, consolidando sua posição estratégica e competitiva.

O transporte de cargas é uma questão complexa no mundo todo, envolvendo a integração de vários modais para decidir sobre o elo origem-destino e a consolidação e desconsolidação de cargas em determinados nós deste elo. Com uma costa de 8.500 km de extensão e uma vasta produção de *commodities* e outros bens de alto valor

The research employed several Operations Research techniques, including Full Cost Analysis, Data Envelopment Analysis, Fuzzy Logic, Linear Programming, and Integer Linear Programming. These tools help interpret environmental indicators, enabling more informed decision-making amid environmental issues.

1.2 Application of Mathematical Models to Analyze the Efficiency of Brazilian Ports

The research entitled "Application of Mathematical Models to Analyze the Efficiency of Brazilian Ports" applies mathematical models to assess the efficiency of Brazilian ports.

The research aimed to gather data and information on Brazilian ports and, through mathematical models, support decision-making on related problems. Carvalho, Ferreira, and Sugahara (2021) highlight that the rapid growth of Brazilian port activity drives the sector's development on the international stage, consolidating its strategic and competitive position.

Cargo transportation is a complex issue worldwide, involving the integration of various modes of transport to manage origin-destination flows and cargo consolidation and deconsolidation at specific nodes along the transport network. With a coastline of 8,500 km and extensive production of commodities and other high value-added goods, Brazil has the potential to strengthen its position in global trade.

The study enabled the construction of an Environmental Performance In-

agregado, o Brasil tem potencial para se posicionar no comércio mundial.

O estudo realizado possibilitou construir o Índice de Desempenho Ambiental sobre a eficiência dos portos selecionados, consonantemente à aplicação da ferramenta Análise Envoltória de Dados, em inglês, *Data Envelopment Analysis* (DEA) que surgiu a partir do trabalho de Charnes, Cooper e Rhodes (1978).

1.3 Modelos matemáticos para a gestão social e ambiental em Bacias Hidrográficas

A pesquisa intitulada *Modelos matemáticos para a gestão social e ambiental em Bacias Hidrográficas* integra a aplicação de alguns modelos matemáticos para apoiar a gestão social e ambiental em Bacias Hidrográficas.

O objetivo da pesquisa visou diagnosticar a situação dos recursos hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Bacias PCJ), a fim de analisar os impactos sociais e ambientais existentes por meio da Análise Envoltória de Dados, em inglês *Data Envelopment Analysis* (DEA) (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1978) e da matriz de indicadores socioambientais FPEIR - Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta (FPEIR), em inglês, *Driving Forces, Pressures, State, Impact, Response* (DPSIR) (Giupponi, 2002) e propor possíveis mudanças nos parâmetros analisados no intuito de atenuar os impactos existentes nessas bacias.

A pesquisa realizada possibilitou avaliar a eficiência das Bacias PCJ no sentido de favorecer a adequada gestão do uso da água de tal forma que os municípios no entorno dessas bacias tenham segurança hídrica para o abastecimento. Para tanto, levantou os dados relacionados às Bacias PCJ e aplicou os modelos matemáticos Análise Endex to assess the efficiency of the selected ports through the application of Data Envelopment Analysis (DEA), a method introduced in the work of Charnes, Cooper, and Rhodes (1978).

1.3 Mathematical Models for Social and Environmental Management in River Basins

The research entitled "Mathematical Models for Social and Environmental Management in River Basins" applies mathematical models to support social and environmental management in river basins.

The research objective was to diagnose the water resources situation in the Piracicaba, Capivari, and Jundiaí River Basins (PCJ Basins), analyze existing social and environmental impacts using Data Envelopment Analysis (DEA) (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1978) and the Driving Forces, Pressures, State, Impact, Response (DPSIR) socioenvironmental indicator framework (Giupponi, 2002), and propose possible changes to the parameters analyzed in order to mitigate existing impacts in these basins.

The research evaluated the efficiency of the PCJ Basins in supporting appropriate water-use management and ensuring water security for the municipalities located within these basins. To this end, data related to the PCJ Basins were collected, and Data Envelopment Analysis and the Driving Forces, Pressures, State, Impact, Response (DPSIR) framework were applied to support decision-making on the issues investigated.

The study also enabled a discussion of environmental and social indica-

voltória de Dados e Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta (FPEIR), a fim de auxiliar na tomada de decisão de problemas relacionados com essa temática.

A partir do estudo realizado foi possível discutir sobre os indicadores ambientais e sociais, visando apoiar as políticas de gerenciamento e planejamento dos Comitês das Bacias PCJ.

1.4 Modelos multicriteriais aplicados à gestão de recursos hídricos

A pesquisa intitulada *Modelos multicriteriais aplicados à gestão de recursos hídricos* integra a aplicação de alguns modelos multicriteriais para apoiar a gestão dos recursos hídricos.

O objetivo da pesquisa visou avaliar a gestão dos recursos hídricos dos municípios inseridos nas Bacias Hidrográficas dos Rios Capivari, Piracicaba e Jundiaí, por meio dos métodos multicriteriais *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e o *Preference Ranking Organization METHods for Enrichment Evaluations* (PROMETHEE), a partir de indicadores relacionados no intuito de obter uma ordenação dos municípios quanto a esses aspectos.

Foi possível levantar dados de fontes secundárias, tais como Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS); Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Ministério da Saúde (DATASUS). Após a verificação dos dados obtidos referentes aos indicadores selecionados, foram aplicados os métodos multicriteriais AHP e PROMETHEE para estabelecer um *ranking* dos municípios inseridos nas Bacias PCJ quanto à gestão dos recursos hídricos.

tors to support the management and planning policies of the PCJ River Basin Committees.

1.4 Multicriteria Models Applied to Water Resources Management

The research entitled "Multicriteria Models Applied to Water Resources Management" integrates several multicriteria models to support water resources management.

The research objective was to evaluate water resources management in municipalities located within the Capivari, Piracicaba, and Jundiaí River Basins using the multicriteria methods Analytic Hierarchy Process (AHP) and Preference Ranking Organization METHods for Enrichment Evaluations (PROMETHEE), based on selected indicators to rank the municipalities according to these aspects.

Data were collected from secondary sources, including the National Sanitation Information System (SNIS), the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB), the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), and the Department of Informatics of the Unified Health System and the Ministry of Health (DATASUS). After the data for the selected indicators were verified, the AHP and PROMETHEE multicriteria methods were applied to rank the municipalities within the PCJ Basins in terms of water resources management.

Larrubia (2010) cites some advantages of the AHP method, including consistency, logic, transparency, ease of use, and various practical applications.

Larrubia (2010) cita algumas vantagens do método AHP, dentre as quais, consistência, lógica, transparência, facilidade de uso e diversas aplicações práticas.

Quanto ao método PROMETHEE, Brans et al. (1986), Araújo e Almeida (2009) e Behzadian et al. (2010), assinalam algumas vantagens - simplicidade, clareza e estabilidade.

O estudo realizado possibilitou a discussão e compreensão de alguns indicadores utilizados, bem como verificar a posição dos municípios inseridos nas Bacias PCJ quanto aos parâmetros selecionados, contribuindo para verificar as possíveis desigualdades municipais na região, trazendo à tona reflexões, críticas e informações para ampliar a discussão em torno das políticas públicas na área da gestão dos recursos hídricos.

1.5 Mudanças climáticas e segurança hídrica: uma análise dos indicadores em Bacias Hidrográficas

A pesquisa intitulada *Mudanças climáticas e segurança hídrica: uma análise dos indicadores em Bacias Hidrográficas* integra a segurança hídrica e as mudanças climáticas no contexto das Bacias Hidrográficas, pois a insegurança hídrica e as deficiências no suprimento de água representam uma ameaça à sustentabilidade da vida.

O objetivo da pesquisa visa analisar a segurança hídrica dos municípios inseridos nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo frente às mudanças climáticas com a utilização de modelos matemáticos e/ou estatísticos a fim de mitigar a insegurança hídrica nos municípios mais vulneráveis.

Segundo Jacobi, Buckeridge e Ribeiro (2021, p. 211) é necessário repensar a governança da água tendo em vista o "arranjo político, social, econômico e administrativo para desenvolver e gerir os recursos

Regarding the PROMETHEE method, Brans et al. (1986), Araújo and Almeida (2009), and Behzadian et al. (2010) point out advantages such as simplicity, clarity, and stability.

The study enabled an analysis and better understanding of the selected indicators and the relative positions of municipalities within the PCJ Basins according to the selected parameters. It also contributed to identifying possible municipal inequalities in the region and provided reflections, critical insights, and information to broaden the discussion of public policies related to water resources management.

1.5 Climate Change and Water Security: An Analysis of Indicators in River Basins

The research entitled "Climate Change and Water Security: An Analysis of Indicators in River Basins" integrates water security and climate change in the context of river basins, since water insecurity and water supply deficiencies threaten the sustainability of life.

This research aims to analyze water security in municipalities located within river basins in the state of São Paulo under climate change conditions, using mathematical and/or statistical models to help mitigate water insecurity in the most vulnerable municipalities.

According to Jacobi, Buckeridge and Ribeiro (2021, p. 211), it is necessary to rethink water governance in view of the "political, social, economic and administrative arrangement to develop and manage water resources and water supply services for different segments of society".

hídricos e os serviços de abastecimento de água para os diferentes segmentos da sociedade".

O modo de vida da sociedade atual tem gerado impactos sobre o clima, causando muitas vezes eventos climáticos extremos, o que podem gerar perturbações nos serviços de água e abastecimento de água potável (Ahopelto et al., 2024). De acordo com a Organização das Nações Unidas, (ONU, 2022, s/p), as mudanças climáticas representam as "transformações a longo prazo nos padrões de temperatura e clima".

A intensidade dos eventos extremos estão cada vez mais frequentes, causando grandes secas, inundações, enchentes, deslizamentos, gerando impactos nos diversos setores da sociedade (Lu et al., 2019) e na qualidade da água (Cruz et al., 2019). Em 2014, Wang et al. (2014) já alertavam que o aumento da temperatura pode favorecer ainda mais a procura por água.

Nijhawan e Howard (2022) assinalam que as mudanças nos padrões de precipitação e temperatura podem impactar o fornecimento de água potável. Em complemento, Li et al. (2024) alertam que as mudanças climáticas têm impactado a segurança hídrica de muitas regiões, o que torna um ponto crítico e relevante para investigação.

A pesquisa em desenvolvimento apresenta contribuições, tanto cientificamente, como do ponto de vista ambiental e social, pois aprofunda o estudo dos indicadores referentes à segurança hídrica e mudanças climáticas, com destaque à preservação ambiental e ao bem-estar da população.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A trajetória aqui percorrida revela uma evolução contínua, marcada pela transição da abstração matemática para a aplicabi-

Contemporary lifestyles have generated impacts on the climate, often contributing to extreme weather events that can disrupt water services and drinking water supply (Ahopelto et al., 2024). According to the United Nations (UN, 2022, n.p.), climate change represents "long-term transformations in temperature and climate patterns".

Extreme events are becoming more frequent and intense, causing major droughts, floods, and landslides that affect various sectors of society (Lu et al., 2019) and water quality (Cruz et al., 2019). In 2014, Wang et al. (2014) already warned that rising temperatures could further increase water demand.

Nijhawan and Howard (2022) point out that changes in precipitation and temperature patterns can affect drinking water supply. In addition, Li et al. (2024) warn that climate change has affected the water security of many regions, making it a critical and relevant area of investigation.

This ongoing research contributes both scientifically and from environmental and social perspectives by deepening the study of indicators related to water security and climate change, with an emphasis on environmental preservation and population well-being.

2 CONCLUDING REMARKS

The path presented here reveals a continuous evolution, marked by the transition from mathematical abstraction to the practical application of mathematical models to urgent socio-environmental issues.

lidade prática em questões socioambientais urgentes.

As pesquisas detalhadas neste documento, que abrangem desde a eficiência dos portos brasileiros até a segurança hídrica frente às mudanças climáticas nas Bacias PCJ, demonstram que a Matemática não é um fim em si mesmo, mas uma linguagem capaz de decodificar incertezas, otimizar recursos críticos e gerar impacto social.

O ingresso no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Sustentabilidade em 2016 representa o amadurecimento dessa jornada. Nele, a interdisciplinaridade deixou de ser um conceito para se tornar a prática cotidiana de orientação e produção científica.

Em suma, as atividades desenvolvidas e as pesquisas em andamento (2025-2028) reiteram a convicção de que o enfrentamento das crises climáticas e hídricas exige ferramentas robustas de tomada de decisão. Sigo, portanto, dedicada ao aprimoramento desses modelos, buscando sempre a integração entre a excelência acadêmica e a responsabilidade socioambiental, visando mitigar vulnerabilidades e promover a resiliência dos sistemas vitais da sociedade.

The research presented in this chapter, ranging from the efficiency of Brazilian ports to water security under climate change in the PCJ Basins, demonstrates that mathematics is not an end in itself, but a language capable of decoding uncertainties, optimizing critical resources, and generating social impact.

My entry into the Graduate Program in Sustainability (PPGS) at PUC-Campinas in 2016 marked a new stage of maturity in this academic journey. In the PPGS, interdisciplinarity moved from concept to everyday practice in student supervision and scientific research.

In short, the activities developed and the research in progress (2025-2028) reinforce the conviction that addressing climate and water crises requires robust decision-making tools. I therefore remain committed to improving these models, continually seeking to integrate academic excellence with socioenvironmental responsibility in order to mitigate vulnerabilities and strengthen the resilience of society's vital systems.

Referências/*References*

Ahopelto, L., Sojamo, S., Belinskij, A., Soininen, N., & Keskinen, M. (2024). Water governance for water security: Analysing institutional strengths and challenges in Finland. *International Journal of Water Resources Development, 40*(2), 153–173. https://doi.org/10.1080/07900627.2023.2266733

Araújo, A. G. de, & Almeida, A. T. de (2009). Apoio à decisão na seleção de investimentos em petróleo e gás: Uma aplicação utilizando o método PROMETHEE. *Gestão & Produção, 16*(4), 534–543.

Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A., & Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research, 200*(1), 198–215. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.021

Brans, J. P., Vincke, P. H., & Mareschal, B. (1996). How to select and how to rank project: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research, 24*(2), 228–238. https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90044-5

Carvalho, G. L. B., Ferreira, D. H. L., & Sugahara, C. R. (2021). Environmental performance index in Brazilian ports. *Revista Brasileira de Iniciação*

Científica, 8, e021013. https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/rbic/article/view/103

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research, 2*(6), 429–444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8

Cruz, M. A. S., Gonçalves, A. A., Aragão, R., Amorim, J. R. A., Mota, P. V. M., Srinivasan, V. S., Garcia, C. A. B., & Figueiredo, E. E. (2019). Spatial and seasonal variability of the water quality characteristics of a river in Northeast Brazil. *Environmental Earth Sciences, 78*(3), 68. https://doi.org/10.1007/s12665-019-8087-5

Giupponi, C. (2002, novembro). From the DPSIR reporting framework to a system for a dynamic and integrated decision-making process. In *Anais do Mulino Conference on European Policy and Tools for Sustainable Water Management* (pp. 21–23). Venice, Italy. https://www.researchgate.net/publication/229047372_From_the_DPSIR_reporting_framework_to_a_system_for_a_dynamic_and_integrated_decision_making_process

Jacobi, P. R., Buckeridge, M., & Ribeiro, W. C. (2021). Governança da água na Região Metropolitana de São Paulo – desafios à luz das mudanças climáticas. *Estudos Avançados, 35*(102), 209–226. https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.013

Li, J., He, W., Jiang, E., Yuan, L., Qu, B., Degefu, D. M., & Ramsey, T. S. (2024). Evaluation and prediction of water security levels in Northwest China based on the DPSIR model. *Ecological Indicators, 163*, e112045. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112045

Lu, S., Bai, X., Li, W., & Wang, N. (2019). Impacts of climate change on water resources and grain production. *Technological Forecasting & Social Change, 143*, 76–84. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.015

Nijhanwan, A., & Howard, G. (2022). Associations between climate variables and water quality in low- and middle-income countries: A scoping review. *Water Research, 210*(15), e117996. https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117996

ONU. Organização das Nações Unidas. (2022). *O que são as mudanças climáticas?*. https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-s%C3%A3o-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas

Sugahara, C. R., Branchi, B. A., Ferreira, D. H. L., & Mendes, J. P. (2022). Indicadores de Sustentabilidade para a segurança hídrica. *Humanidades & Inovação, 9*(27), 374–388. https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/6282

Wang, X. J., Zhang, J. Y., Shamsuddin, S., Xia, X. H., He, R. M., & Shang, M. T. (2014). Catastrophe theory to assess water security and adaptation strategy in the context of environmental change. *Mitig Adapt Strateg Glob Change, 19*(4), 463–477. https://doi.org/10.1007/s11027-012-9443-x



DENISE HELENA LOMBARDO FERREIRA

E-mail: lombardo@puc-campinas.edu.br | ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3138-2406

Professora e pesquisadora da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, atuando na docência desde 1986. Doutorado em Educação Matemática – UNESP (2003), Mestrado em Matemática Aplicada - Unicamp (1986), Graduada em Bacharelado em Matemática, UNESP (1981) e em Tecnologia em Saneamento – Unicamp (1980). Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade – PUC-Campinas/SP, desde 2016 e do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana – PUC-Campinas, desde 2023. Temas de interesse: recursos hídricos, análise quantitativa; modelos matemáticos, indicadores de sustentabilidade.

Professor and researcher at the Pontifical Catholic University of Campinas, teaching since 1986. PhD in Mathematics Education – UNESP (2003); Master's degree in Applied Mathematics- Unicamp (1986); Bachelor's degree in Mathematics - UNESP (1981) and in Sanitation Technology – Unicamp (1980). Permanent faculty member of the Graduate Program in Sustainability (PPGS) – PUC-Campinas/SP, since 2016, and of the Graduate Program in Urban Infrastructure Systems – PUC-Campinas, since 2023. Areas of interest: water resources, quantitative analysis, mathematical models, sustainability indicators.