

## Campus Sustentáveis e Inteligentes: uma avaliação baseada em modelo fuzzy

Daniela P. Silva,<sup>1</sup> Sandra R. M. Masalskiene Roveda <sup>2</sup>

Instituto de Ciência e Tecnologia, UNESP, Sorocaba, SP

Ana Carolina Camargo Francisco <sup>3</sup>

Centro Universitário Facens, Sorocaba, SP

Fábio de Oliveira Neves<sup>4</sup>

Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Ciências Exatas. Unifal, Alfenas, MG

As Instituições de Ensino Superior são reconhecidas como fundamentais para promover o desenvolvimento sustentável, pois são ambientes onde ocorre a interação entre indivíduos com diferentes perspectivas e valores. Devido a essa relevância, as práticas de avaliação e relato de sustentabilidade nas Universidades têm ganhado cada vez mais destaque [2]. Além disso, uma tendência emergente é a evolução dos chamados “campus inteligentes”, que possibilitam que as instituições educacionais combinem tecnologias inteligentes com infraestrutura física para aprimorar seus serviços, tomada de decisões, sustentabilidade do campus, etc [4].

Neste contexto, Francisco [3] propõe um índice que avalia o nível de desempenho de um campus universitário em operar de forma inteligente e sustentável. O índice apresenta um conjunto de 91 indicadores, categorizados em nove dimensões que são agregadas por sistemas de inferência fuzzy do tipo Mamdani [1]. A escolha por essa abordagem permitiu o tratamento da subjetividade intrínseca dos indicadores quantitativos e qualitativos.

O objetivo deste estudo foi revisar o modelo proposto por Francisco [3] e avaliar as características sustentáveis e inteligentes de um campus universitário.

A primeira etapa deste estudo consistiu na revisão dos 23 sistemas de inferência que compõem o modelo. O conjunto de 91 indicadores é distribuído em 9 dimensões: Biodiversidade e Serviços Sistêmicos, Infraestrutura e Paisagem, Segurança, Energia e Mudanças Climáticas, Transportes, Água, Resíduos, Educação e Social e Cultural, que por sua vez representam índices parciais do nível de inteligência e sustentabilidade. A arquitetura geral é dividida em 4 níveis de sistemas. No primeiro nível, para cada uma das 9 dimensões, são propostos indicadores parciais que são agregados em um segundo nível, expressando o estado de cada uma das dimensões. Os sistemas de terceiro nível, por sua vez, agregam as 9 dimensões em índices de ambiente, atividade, saneamento e vida e, por fim, estes índices são agregados por um novo sistema fuzzy que gera o índice de sustentabilidade e inteligência do campus. Para a inferência de cada SIF foi utilizado o método de Mamdani [1], que é baseado na regra de composição de inferência max-min, e para a defuzzificação o método do centróide. A implementação do modelo neste estudo foi realizada utilizando-se o software Matlab.

A segunda etapa, compreendeu a aplicação do modelo a um campus universitário localizado no estado de São Paulo. A coleta dos dados foi realizada por meio de formulários adaptados dos propostos por Francisco [3] e respondidos pelos setores responsáveis do campus em estudo.

Os dados coletados foram utilizados como entradas para as 91 variáveis do modelo que classificou a universidade em estudo como Parcialmente Sustentável e Inteligente, tendo como resultado

---

<sup>1</sup>daniela.prando@unesp.br

<sup>2</sup>sandra.regina@unesp.br

<sup>3</sup>ana.camargo@facens.br

<sup>4</sup>fabio.neves@unesp.br

final 52,88. É fundamental ressaltar a relevância da análise dos resultados parciais oferecidos pelo modelo. Dessa forma, o modelo permite avaliar quais dimensões demonstraram um melhor desempenho e quais necessitam de alterações significativas para aprimorar a sustentabilidade e inteligência do campus. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados da Universidade de estudo por dimensão.

Dimensão	Avaliação (0 à 100)	Classificação
Infraestrutura e Paisagem	26,23	Insustentável
Energia e Mudanças Climáticas	23,29	Insustentável
Resíduos	69,90	Parcial Sust. e Inteligente
Água	41,22	Sust. e Inteligente - fase inicial
Transporte	82,06	Sust. e Inteligente - fase avançada
Educação	30,27	Insustentável
Segurança	20,24	Insustentável
Social e Cultura	72,11	Sust. e Inteligente - fase avançada
Biodiversidade e Serviços Sistêmicos	8,08	Insustentável

Este estudo contribuiu na identificação de áreas de melhoria no campus estudado com o objetivo de torná-lo mais sustentável e inteligente. A avaliação fornecida pelo modelo adotado ofereceu uma visão abrangente dos processos envolvidos e de seus impactos, permitindo compreender melhor a necessidade de adotar uma abordagem mais holística em suas ações. Isso, por sua vez, fortalece a contribuição para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Em suma, o modelo de Francisco [3] revelou-se uma valiosa ferramenta de gestão e orientação para a implementação de mudanças necessárias para o alcance de um campus sustentável e inteligente.

## Agradecimentos

A realização deste projeto foi viabilizada devido ao suporte financeiro oferecido pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Unesp (Pibic).

## Referências

- [1] L. C. Barros e R. C. Bassanezi. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática**. Coleção IMECC. UNICAMP/IMECC, 2006. ISBN: 858718505-5.
- [2] F. Findler, N. Schönherr, R. Lozano e B. Stacherl. “Assessing the impacts of higher education institutions on sustainable development: an analysis of tools and indicators”. Em: **Sustainability** 11 (2019), pp. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11010059>.
- [3] A. C. C. Francisco. “Modelo matemático para avaliação de campus sustentável e inteligente”. Tese de doutorado. ICTS/UNESP, 2021.
- [4] N. Min-Allah e S. Alrashed. “Smart campus: a sketch”. Em: **Sustainable cities and society** 59 (2020), pp. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102231>.