



14º Congresso Nacional de

**MEIO AMBIENTE**

Poços de Caldas

**26 a 29 SET 2017**

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

**Eixo temático: Educação Ambiental**  
**Forma de apresentação:**  
**Revisão Sistemática Integrativa**

## **APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS: UM ESTUDO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS**

Marileide Barbosa<sup>1</sup>

Denise Helena Lombardo Ferreira<sup>2</sup>

Ingrid Metzner Morais<sup>3</sup>

Bárbara Modesto<sup>4</sup>

Barbara Moraes Vieira<sup>5</sup>

### **Resumo**

O meio ambiente está sujeito a constantes alterações, sejam elas provenientes dos fenômenos naturais ou da ação do homem. Neste contexto, os modelos matemáticos são muitos importantes para auxiliar na busca de soluções mais adequadas. O presente trabalho aborda uma aplicação da metodologia Análise Envoltória de Dados para analisar a eficiência das cidades da Região Metropolitana de Campinas sob os aspectos ambientais. Os resultados permitem concluir que os municípios de Holambra, Jaguariúna e Paulínia apresentam eficiência de 100% por meio dessa ferramenta, considerando os aspectos tratados.

**Palavras Chave:** Meio ambiente; Modelos matemáticos; Análise Envoltória de Dados.

### **INTRODUÇÃO**

As diversas transformações que vêm ocorrendo, muitas delas provocadas pela ação do ser humano, fazem com que os apelos sejam cada vez mais frequentes para que a sociedade use os recursos existentes de forma consciente.

---

<sup>1</sup> Autora Apresentadora. Aluna do Programa de Mestrado Stricto Sensu em Sustentabilidade da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, [barbosa.marileide@gmail.com](mailto:barbosa.marileide@gmail.com)

<sup>2</sup> Professora pesquisadora e Membro do Mestrado Stricto Sensu em Sustentabilidade da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, [lombardo@puc-campinas.edu.br](mailto:lombardo@puc-campinas.edu.br)

<sup>3</sup> Aluna do curso de graduação em Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, [ingridmetzner@uol.com.br](mailto:ingridmetzner@uol.com.br)

<sup>4</sup> Aluna do Programa de Mestrado Stricto Sensu em Sustentabilidade da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, [barbara.modesto@hotmail.com](mailto:barbara.modesto@hotmail.com)

<sup>5</sup> Aluna do curso de graduação em Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, [barbaravieira1996@gmail.com](mailto:barbaravieira1996@gmail.com)



14º Congresso Nacional de  
**MEIO AMBIENTE**

Poços de Caldas

**26 a 29 SET 2017**

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

Silva Júnior et al. (2015) assinalam que a vida na Terra encontra limitação nas diferentes formas de competição entre espécies ou dentro de uma mesma espécie, colocando em xeque a capacidade dos sistemas ecológicos. Adicionalment, Boff (2012) afirma que o conceito de sustentabilidade significa respeito às limitações de cada bioma e às necessidades das gerações presentes e futuras.

É comum em vários momentos da vida a necessidade de se tomar decisões, que em alguns casos demandam a confecção de um modelo. Os modelos matemáticos usam relações matemáticas para descrever ou representar um objeto ou problema de decisão e podem em seu processo de criação auxiliar no entendimento do problema e como consequência melhorar a análise de decisão. Segundo Lisboa (2015), um modelo é a representação simplificada de um sistema real, podendo ser um projeto já existente ou um projeto futuro.

A aplicação de modelos matemáticos e estatísticos para auxiliar na tomada de decisão quanto a alocação mais adequada dos recursos disponíveis vem sendo cada vez mais difundida e utilizada, permitindo analisar, prever, compreender e interpretar problemas diversos, além de proporcionar a aplicação e contextualização de conteúdos matemáticos e estatísticos.

Neste contexto, o trabalho busca aplicar a Análise Envoltória dos Dados (DEA – *Data Envelopment Analysis*) para comparar a eficiência das cidades da Região Metropolitana de Campinas quanto alguns aspectos ambientais.

## **METODOLOGIA**

Buscando otimizar cada vez mais o resultado final, a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) é uma ferramenta da estatística não paramétrica, que avalia a eficiência de unidades tomadoras de decisão, comparando entidades que realizam tarefas similares e se diferenciam pela quantidade de recursos (*inputs* ou insumos) e de bens (*outputs* ou produtos) envolvidos (MILIONI; ALVES, 2013). As unidades avaliadas são denominadas por *DMUs* (Decision Making Units).

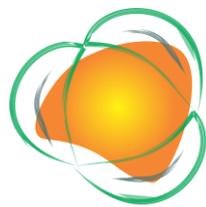
Há dois modelos DEA clássicos: CRS e BCC. O modelo CRS (*Constant Returns to Scale*) aborda como hipótese retornos constantes à escala (CHARNES et al., 1978). O modelo BCC (BANKER et al., 1984), também conhecido como VRS (*Variable Returns to Scale*), leva em conta situações de eficiência de produção com variação de escala e não admite proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*.

São possíveis duas orientações radiais para esses modelos na busca da fronteira de eficiência: orientação a *inputs* e orientação a *outputs* (GOMES et. al., 2009).

## **OBJETIVO**

O objetivo da pesquisa é comparar a eficiência das cidades da Região Metropolitana de Campinas (*DMUs*) em relação aos dados de consumo de energia elétrica, resíduo sólido, consumo de água, Produto Interno Bruto (PIB), água tratada disponível, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e renda.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**



14º Congresso Nacional de  
**MEIO AMBIENTE**

Poços de Caldas

**26 a 29 SET 2017**

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

Os *inputs* considerados foram: consumo de energia elétrica, resíduo sólido e consumo de água; enquanto os *outputs* foram: PIB, água tratada, IDH e renda.

Os resultados permitem concluir que os municípios de Holambra, Jaguariúna e Paulínia apresentaram eficiência de 100% para ambos os modelos CRS e VRS.

Foi possível observar também, que há uma quantidade maior de cidades com eficiência de 100% quando utilizados os dados totais ao invés de per capita no modelo VRS.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Análise Envoltória dos Dados tem sido usada no estudo da eficiência relativa das unidades em muitas áreas: educação, administração, engenharia, dentre outras. O cálculo da eficiência de unidades organizacionais tem sido um tema importante, mas difícil de resolver, sobretudo quando são considerados múltiplos *inputs* (recursos) e múltiplos *outputs* (serviços, produtos) associados às unidades de interesse (*DMUs*).

Atualmente, essa técnica vem sendo usada em diversas aplicações, o que se justifica pela sua importância no auxílio da tomada de decisão, sobretudo nos dias de hoje em que os recursos são cada vez mais escassos.

## REFERÊNCIAS

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é, o que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

CHARNES, A.; COOPER W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. "**European Journal of Operational Research**", v. 2, p. 429-444, 1978.

LISBOA, E. F. A. **Pesquisa Operacional**. Disponível em: <<http://www.ericolisboa.eng.br/cursos/apostilas/po/cap1.pdf>>. Acesso em: 18 de dez 2015.

GOMES, E. G.; SOARES de MELLO, J. C. C.; SOUZA, G. D. S.; ÂNGULO MEZA, L.; MANGABEIRA, J. A. D. C. Efficiency and sustainability assessment for a group of farms in the Brazilian Amazon. **Annals of Operations Research**, v. 169, n. 1, p. 167-181, 2009.

MILIONI, A. Z.; ALVES, L. B. Ten years of research parametric data envelopment analysis, **Pesquisa Operacional**, v. 33, n. 1, p. 89-104, 2013.

SILVA JÚNIOR, R. D.; FERREIRA, L. C.; LEWINSOHN, T. M. Entre hibrismos e polissemias: para uma análise sociológica das sustentabilidades. **Ambiente&Sociedade**, v. 18, p. 35-54, 2015.