Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07456 - ESTIMATIVA DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS POR MEIO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Daniel Epifânio Bezerra
Renan Camilo de Lima Paulo; Victor Emmanuel Avelino Gomes Bahia; Cláudio Luis de Araújo Neto; William de Paiva.

UFCG; UEPB; UFMA

Introdução

1 Crescimento populacional e urbanização



- Brasil: **213,4 milhões** de habitantes (2025)
- Urbanização global crescente

2 Aumento da geração de RSU



Maior demanda por manejo, tratamento e disposição final.

3 Desafios no Brasil



- Mais de **81 milhões t/ano**
- **34%** com destinação inadequada em 2024.

ABRELPE, 2024

4 Importância da composição gravimétrica



Base para coleta seletiva, reciclagem, tratamento e disposição adequada.

5 Limitações da determinação experimental



- alto custo
- infraestrutura e mão de obra
- riscos ocupacionais
- heterogeneidade dos RSU.

6 Fatores socioeconômicos influenciam a composição



Renda, PIB e IDH.

7 Aplicação de Inteligência Artificial



RNAs identificam padrões e relações não lineares.

8 Objetivo do estudo

Utilizar RNAs para estimar a composição gravimétrica dos RSU em municípios brasileiros a partir do IDHm.

Validação/Comparação:
Campina Grande (PB), São Carlos (SP) e Curitiba (PR).



Metodologia

1 Construção do banco de dados



Levantamento bibliográfico



Planilhas



Banco de dados



213 municípios

Categorias de resíduos



IDHm (entrada)



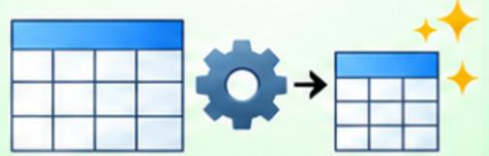
IDHm
1991 • 2000 • 2010

2 Tratamento estatístico dos dados

Outliers



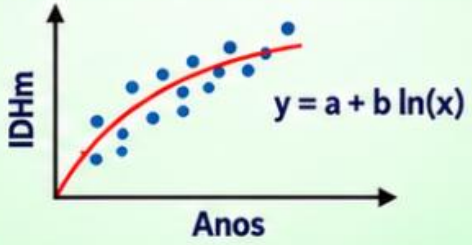
Pré-processamento



Análises descritivas



Regressão logarítmica



Diversidade regional

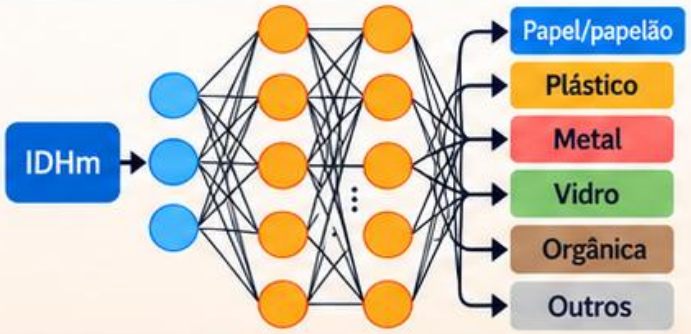


Metodologia

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

3 Modelagem com RNA

Rede neural artificial (*feedforward*)



Implementação em MATLAB



Parâmetros testados

Neurônios
3, 4, 10, 20, 30, 50, 100

Iterações
50 / 500 / 1000

Funções de ativação

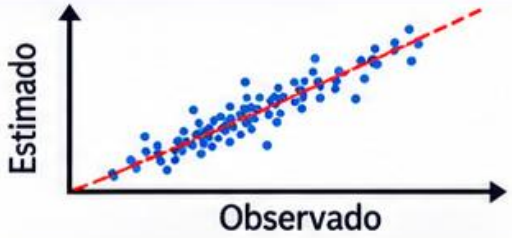

Logística


tanh

Bayesian Regularization

4 Validação do modelo

Estimado × Observado



Aplicação em municípios



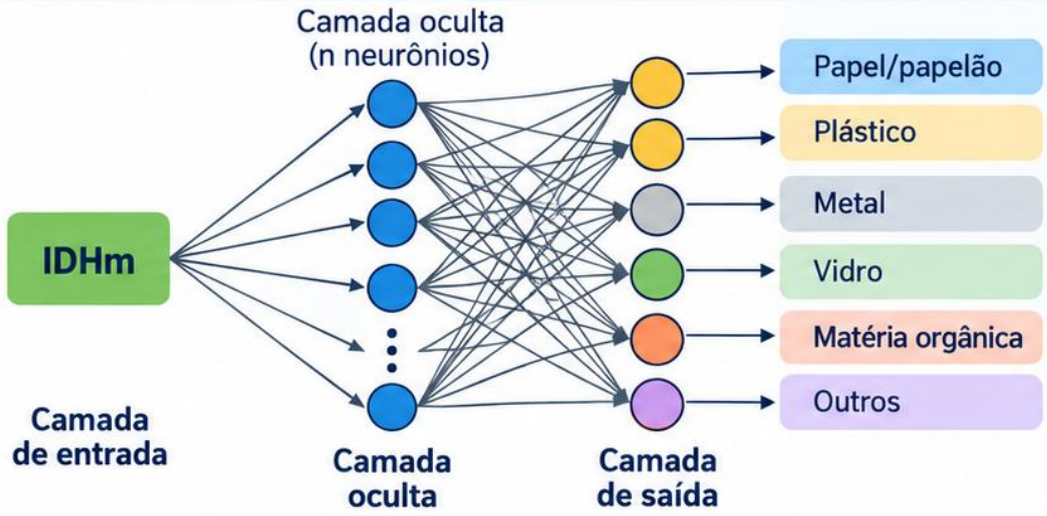
Potencial de aplicação



Apoio à gestão de RSU

Resultados

Arquitetura selecionada



Melhor desempenho

Arquitetura n6_1000 (LOGSIN)

Performance (Gradiente)	0,044
Gradiente	0,044
Tempo de processamento	57 s
Algoritmo de treinamento	Bayesian Regularization

Principais achados

Boa capacidade de modelar a relação não linear entre o IDHm e a composição gravimétrica dos RSU.

A influência do número de neurônios, iterações e função de ativação impactou o desempenho da RNA.

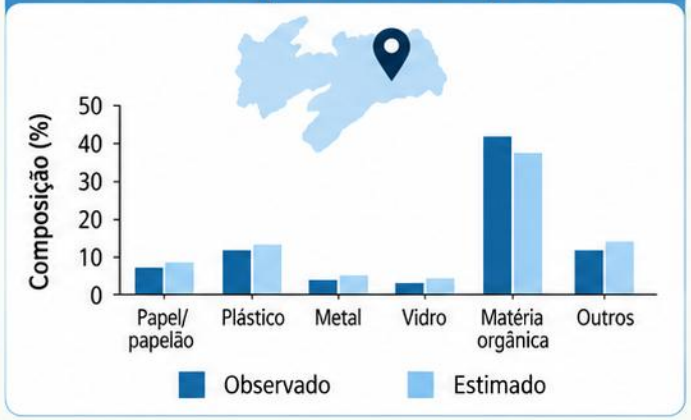
O algoritmo Bayesian Regularization reduziu o sobreajuste e melhorou a capacidade de generalização.

Banco de dados representativo, com municípios das cinco regiões brasileiras, permitiu maior generalização do modelo.

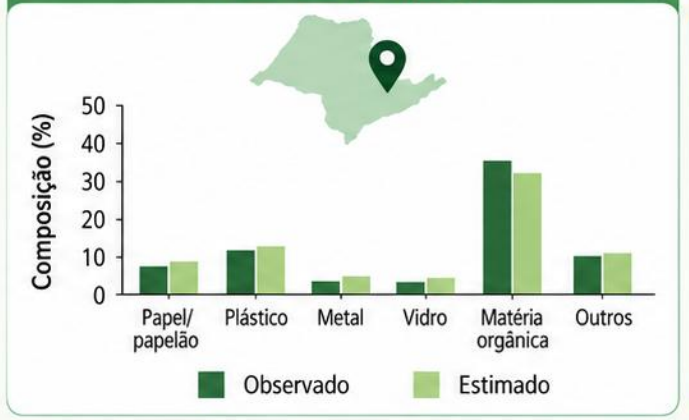
Resultados

Validação com dados reais

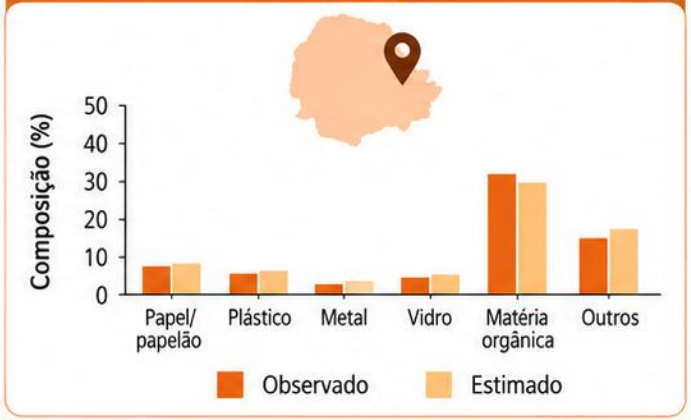
Campiina Grande (PB)



São Carlos (SP)



Curitiba (PR)

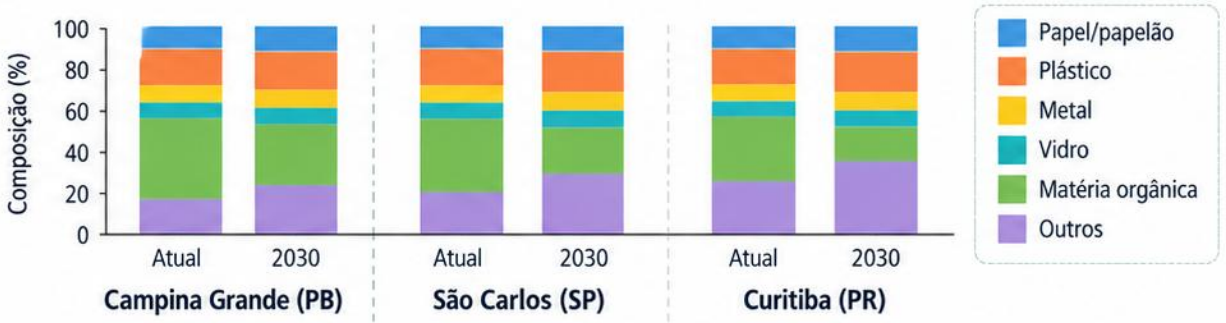


Projeções para 2030

Tendências gerais (2030)

Redução da fração orgânica	Tendência de diminuição da participação da matéria orgânica nos RSU.
Aumento da categoria "outros"	Crescimento da participação de resíduos na categoria outros (p. ex., rejeitos, têxteis, sanitários).
Mudanças associadas ao perfil socioeconômico	Variações na composição dos RSU relacionadas ao desenvolvimento e às características socioeconômicas dos municípios.

Exemplo de projeção da composição dos RSU



Conclusões

Alternativa Viável: RNAs superam limitações técnicas e econômicas dos métodos tradicionais.

Boa Precisão: Validação comprovou baixo erro na estimativa de matéria orgânica.

Tendências 2030: Projeções indicam menos matéria orgânica e mais recicláveis (papel/plástico).

Ferramenta Estratégica: Subsidia planejamento em municípios sem dados gravimétricos.

Complementaridade: Apoia a análise física in loco, dependendo da atualização contínua dos dados.

Obrigado!

Daniel Epifânio Bezerra

dbezerra29@gmail.com
(83) 991000760
@danielbezr

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

UFMA 60 Anos 1966 2026 SEMPRE MAIS

UFCG Universidade Federal de Campina Grande

Coautores

Renan Camilo de Lima Paulo
renan.camilo@tecnico.ufcg.edu.br

Victor Emmanuel Avelino Gomes Bahia
victor.emmanuel@estudante.ufcg.edu.br

Cláudio Luis de Araújo Neto
claudio.neto@ufma.br

William de Paiva
w.paiva461@gmail.com