Modelos híbridos aplicados à construção de índices de sustentabilidade.

Paula Gonçalves da Fonseca e Souza, Sandra Regina Monteiro Masalskiene Roveda e Henrique Ewbank de Miranda Vieira - Campus de Sorocaba, Engenharia ambiental. Email:paula.souza@unesp.br- Bolsa Reitoria/Pibic.

Palavras Chave: *Sustentabilidade, fuzzy, neuro-fuzzy.*

Introdução

A sustentabilidade é um tema amplo, que pode ser estudado por meio de inúmeros indicadores (UNITED NATIONS, 2007). Para a análise de sistemas que envolvem muitas variáveis, vem-se adotando técnicas que possibilitam a organização das informações, assim como a redução de sua complexidade. Algumas das técnicas que podem ser empregadas são as de redes neurais, a de lógica fuzzy e um híbrido entre elas, o neuro-fuzzy que envolve a capacidade de aprendizado do sistema com o processamento de informações imprecisas (ABRAHAM, 2001).

Objetivo

Este estudo tem por objetivo a construção de um índice de sustentabilidade para os municípios brasileiros, por meio de um modelo híbrido do tipo neuro-fuzzy.

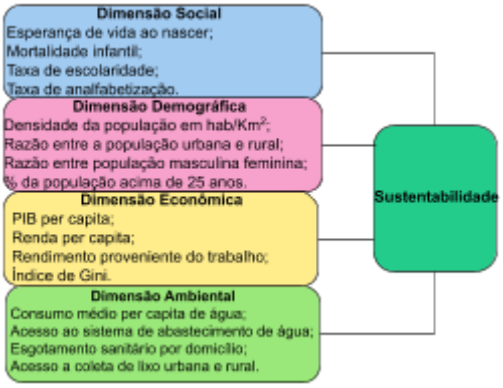
Material e Métodos

A estruturação do índice se deu por meio de um sistema híbrido do tipo neuro-fuzzy. Nele os dados de entrada passam pelo processo de fuzzyficação, baseado no sistema de inferência de Mandani, onde são submetidos a uma base de regras do tipo "se-então". Ao total foram construídos 5 sistemas fuzzy, um para cada uma das 4 dimensões analisadas e outro para o de sustentabilidade municipal, sendo a saída dos sistemas anteriores a entrada para este. Com estas informações foi possível realizar a estruturação do Sistema de Inferência Adaptativa Neuro-Fuzzy (ANFIS), no qual o sistema se adequa buscando a estrutura mais eficiente a partir da técnica de back-propagation. Para a construção dos sistemas fuzzy e do ANFIS utilizou-se o software R Core Team e o Matlab respectivamente.

Resultados e Discussão

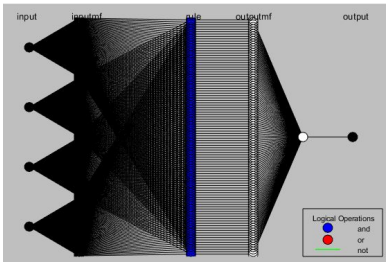
O índice criado conta com 16 indicadores, como pode ser observado na figura 1.

Figura 1. Arquitetura dos sistemas fuzzy.



O método que se apresentou mais assertivo no ANFIS, foi o de *sub. clustering* de raio de influência 0,1. A medida de sua raiz de erro quadrático médio (REQM), foi de $4{,}1476 \times 10^{-9}$, com o total de 100 regras, figura 2.

Figura 2. Estrutura do sistema neuro-fuzzy para a classificação da sustentabilidade.



Conclusões

O método híbrido neuro-fuzzy, mostrou-se muito eficaz para a elaboração do índice de sustentabilidade, pois permitiu a agregação de um grande número variáveis com a geração de regras e parâmetros de forma automática.

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq e Reitoria/Unesp pela concessão da bolsa para realização da pesquisa.

1 United Nations. Department of Economic. Indicators of sustainable development: Guidelines and methodologies. United Nations Publications; 2007

2 ABRAHAM, A. Neuro fuzzy systems: state of the art modeling techniques. Lecture Notes in Computer Science. v.2084, p. 269-276, 2001