

## Abordagem Fuzzy Para a Dinâmica Populacional do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque

**Thiago Fernando Ferreira**

Universidade de Uberaba - UNIUBE,  
38408-343, Câmpus Uberlândia, Uberlândia, MG  
E-mail: thiago.ferreira@uniube.br,

**Neylan Leal Dias<sup>1</sup>**

Faculdade de Matemática, FAMAT, UFU,  
38408-100, Uberlândia, MG  
E-mail: neylan@mestrado.ufu.br.

### RESUMO

Os modelos populacionais tratam de variações das densidades de população, visando a melhor compreensão da variação do número de indivíduos de uma população e dos fatores que os influenciam.

O Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque é o maior parque de floresta tropical do mundo e está localizado, em sua maior porção, no estado do Amapá. Estudamos neste trabalho o crescimento populacional das cidades ao redor do Parque utilizando o Modelo de Crescimento Populacional de Malthus, com o objetivo de modelar o crescimento da população, obtendo informações que poderão ser utilizadas por especialistas na tomada de decisões em relação à urbanização e à preservação do mesmo. Em seguida, utilizamos a variação *per capita* e a população inicial do modelo clássico em um sistema p-fuzzy (parcialmente fuzzy [2]) para comparar os resultados obtidos.

A Teoria dos Conjuntos Fuzzy foi introduzida por Lofti A. Zadeh em meados dos anos 60, com a intenção de dar um tratamento matemático a termos linguísticos subjetivos como “aproximadamente”. A utilização de parâmetros fuzzy em equações diferenciais ganhou espaço na modelagem matemática de fenômenos naturais quando não dispomos de dados suficientes para adotar métodos estocásticos ou então quando a situação não comporta medidas e dependemos apenas de informações de especialistas.

O modelo clássico de Malthus e sua solução são representados, respectivamente, por

$$\frac{dN}{dt} = rN \quad e \quad N(t) = N_0 e^{rt},$$

onde  $N_0$  é a população inicial,  $t$  a variação do tempo e  $r$  a taxa de variação *per capita*.

Neste trabalho, a taxa  $r$  é obtida pela fórmula  $r = \sqrt[m]{\frac{P_t}{P_i}} - 1$ , onde  $P_i$  representa a população inicial,  $P_t$  a população final e  $m = t - i$  [1].

A partir do censo do IBGE, dados coletados de alguns anos entre 1996 e 2010, do número de habitantes das cinco cidades localizadas ao redor do Parque, determinamos  $r$  para cada cidade nos intervalos de tempo convenientes. Em seguida, calculamos a média aritmética dessas taxas para cada intervalo de tempo (Tabela 1). O valor  $r = 0,048$  foi calculado através da média aritmética dos dados da Tabela 1.

Ano	1996-2000	2000-2002	2002-2003	2003-2007	2007-2010
Taxa de Variação Per Capita	0,05662	0,04349	0,03769	0,05199	0,05251

Tabela 1: Tabela da variação per capita em cada intervalo de tempo.

Consideramos a população inicial  $N_0 = 44735$  a partir da Tabela 2, que apresenta a soma das populações das cinco cidades ao redor do Parque por ano.

<sup>1</sup>bolsista de Mestrado PICME/UFU

Ano	1996	2000	2002	2003	2007	2010
População	44735	55433	60183	62387	74551	84603

Tabela 2: Soma das populações das cidades ao redor do Parque.

Para o sistema p-fuzzy de Malthus, utilizamos as funções de pertinência das Figuras 1 e 2, o método de inferência de Mamdani e para defuzzificação o centro de gravidade. Para o modelo fuzzy, o método numérico utilizado foi Euler e o número de iterações foi  $n = 140$  com  $\Delta t = 0,1$ .

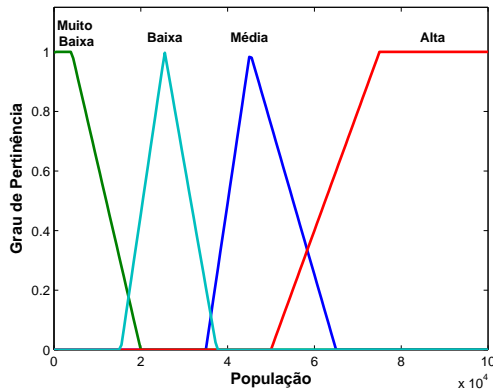


Figura 1: Funções de Pertinência de Entrada.

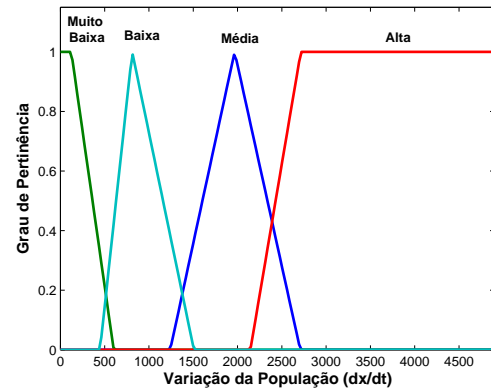


Figura 2: Funções de Pertinência de Saída.

A Figura 3 representa os gráficos dos modelos clássico e fuzzy, e a Figura 4 o erro relativo.

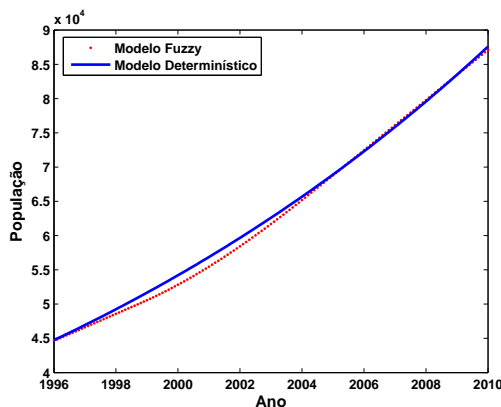


Figura 3: Crescimento da População.

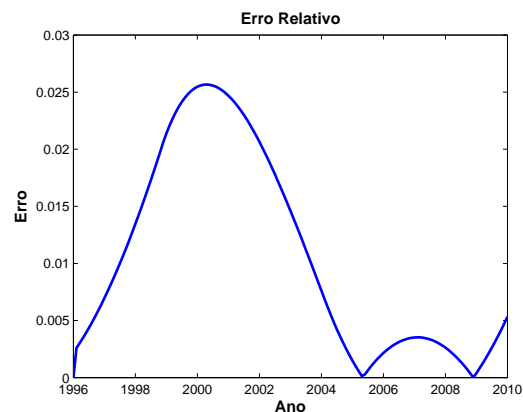


Figura 4: Erro Relativo.

Podemos observar que o erro obtido entre os modelos é mínimo, mostrando que ambos podem ser utilizados para essa situação. Como o crescimento da população pode ser estimado por meio desses modelos, eles podem ser úteis na tomada de decisões sobre a urbanização, meios de preservação e projetos de utilização responsável da área do Parque pela população local.

**Palavras-chave:** *Dinâmica Populacional, Teoria dos Conjuntos Fuzzy, Modelagem Matemática.*

## Referências

- [1] N.L. Dias, “Modelagem Matemática de Problemas Biológicos”, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013.
- [2] T.F. Ferreira, “Sistemas p-Fuzzy Modificados para Dinâmicas Populacionais: modelagens e simulações”, Dissertação de Mestrado, Famat-UFU, Uberlândia-MG, 2012.