



Aplicação de Sistemas de Inferência Fuzzy para Classificar e Mapear a Vulnerabilidade de Aquíferos

Erico LISBOA¹; Jorge CARVALHO²; Manuel FIGUEIREDO¹

¹ Departamento de Engenharia Civil, FEUP/PRODEC/SHRHA

² Departamento de Engenharia de Minas, FEUP

**Évora
2015**



ESTRUTURA

○ **INTRODUÇÃO**

○ **METODOLOGIA**

Índice de Vulnerabilidade;

Sistema de Inferência Fuzzy;

Área de aplicação

○ **RESULTADOS**

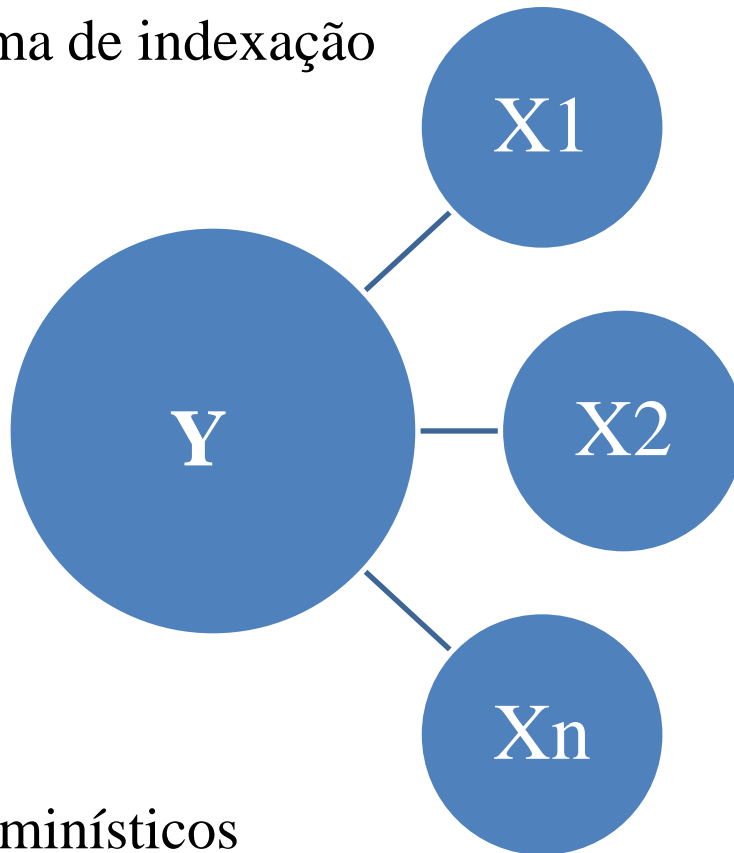
○ **CONCLUSÕES**

○ **AGRADECIMENTOS**



-Vulnerabilidade (intrínseca ou específica)

-Sistema de indexação



-Determinísticos

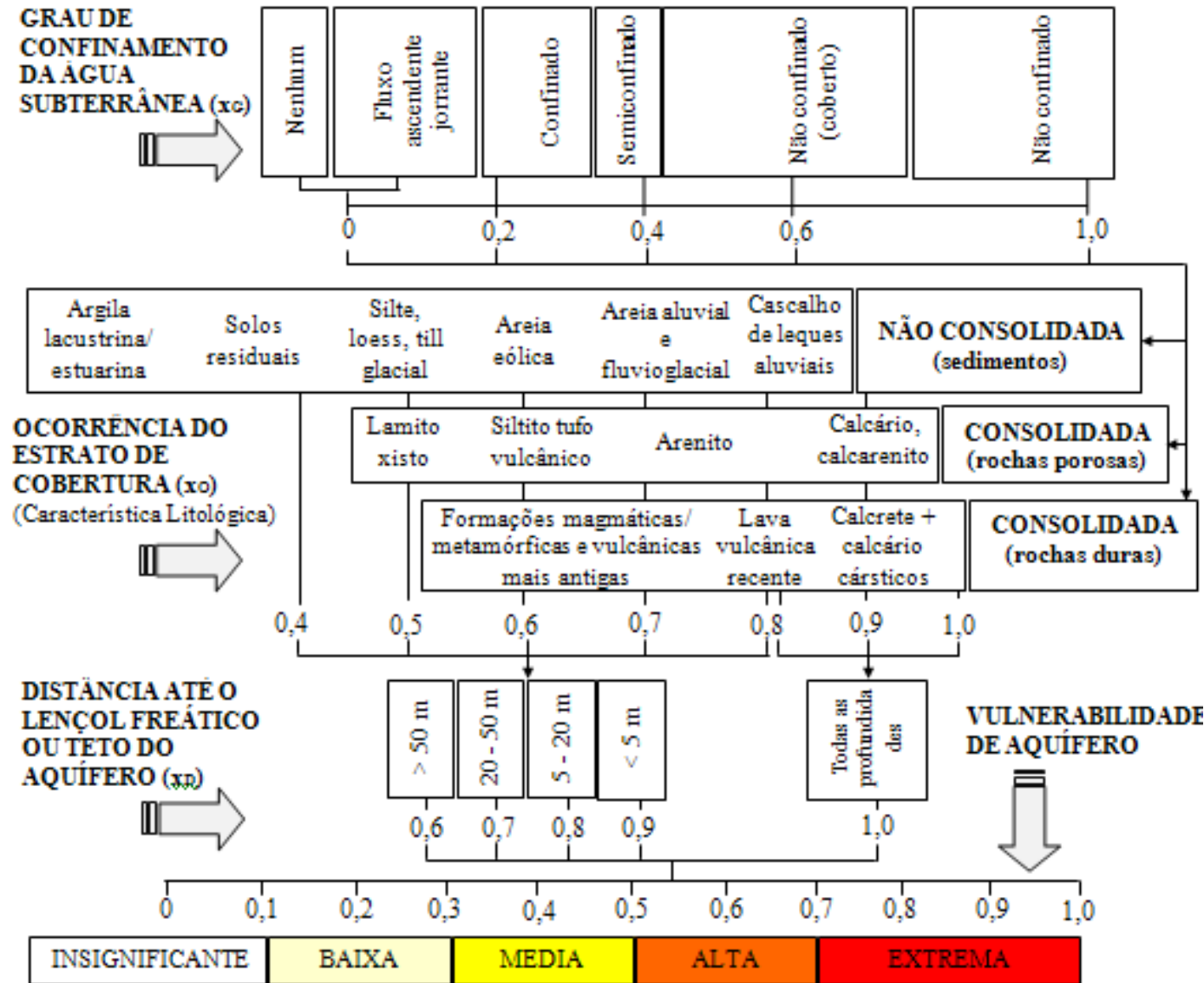
-Conceituais



○METODOLOGIA

Índice de Vulnerabilidade Intrínseca ou Natural – IVI

- Atenuação
- Inacessível
- Foster & Hirata (1988)





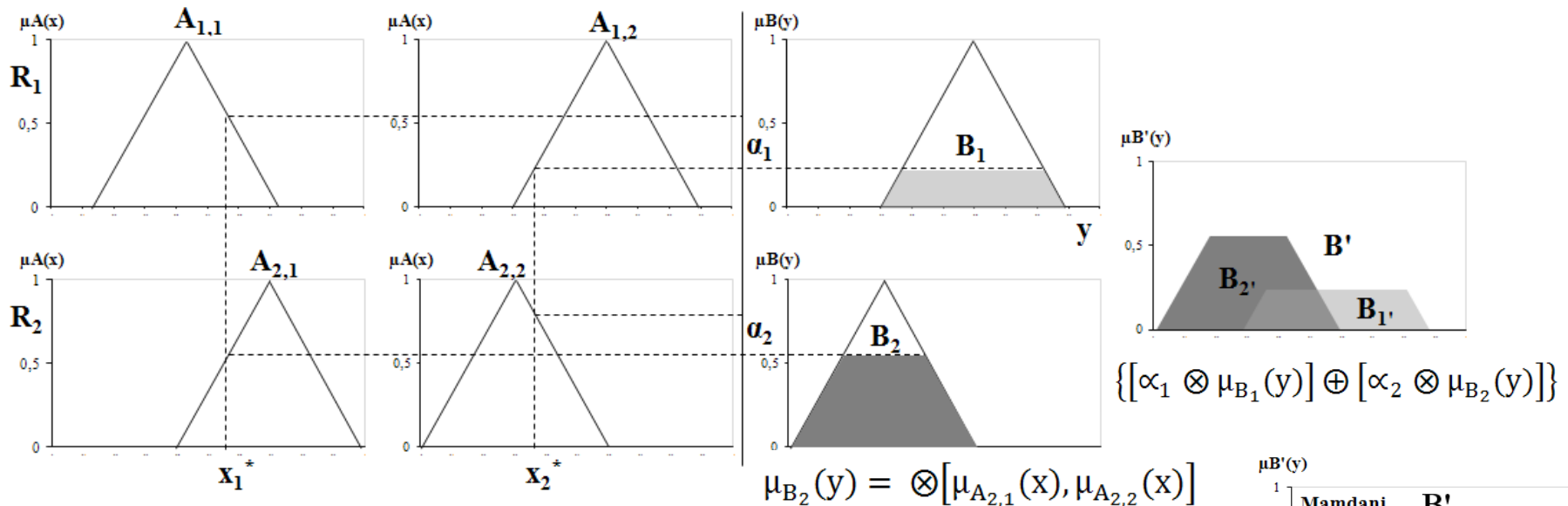
○METODOLOGIA

Évora, 9 e 10 de abril de 2015 | Universidade de Évora

Sistema de Inferência Fuzzy – SIF

-Fuzzificação (*gaussian membership function*)

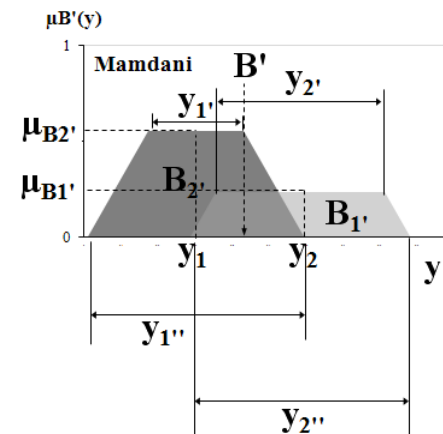
- Inferência (Mamdani e Larsen) $\mu_{B_1}(y) = \otimes [\mu_{A_{1,1}}(x), \mu_{A_{1,2}}(x)]$



- Defuzzificação (Método de centro de gravidade)

$$B_1' = \frac{\mu_{B_1'}(y) \cdot (y_2' + y_2'')}{2} \quad B_2' = \frac{\mu_{B_2'}(y) \cdot (y_1' + y_1'')}{2} \quad B' = \frac{y_1 \cdot B_2' + y_2 \cdot B_1'}{B_2' + B_1'}$$

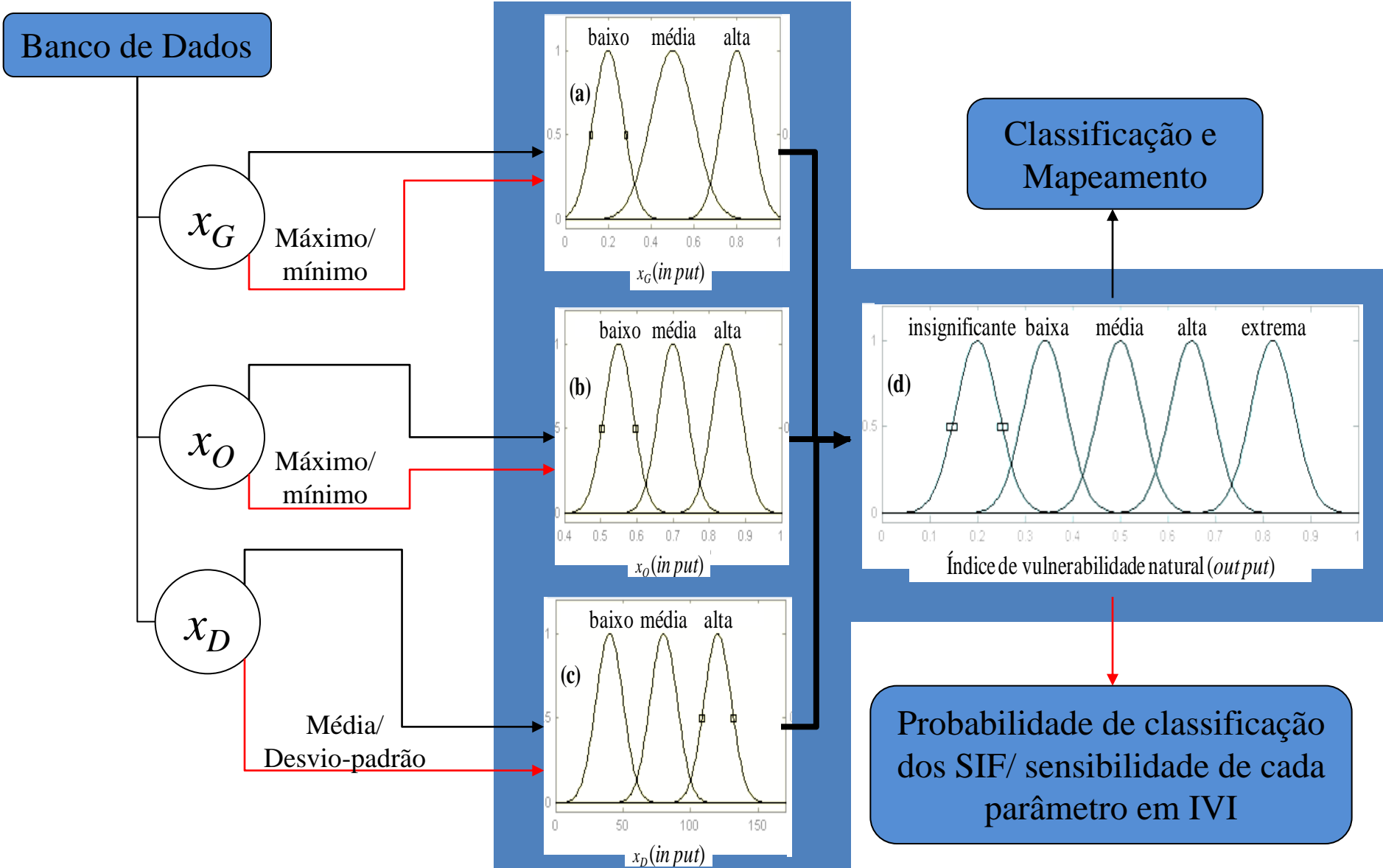
-Configuração de dois sistemas: SIF_MC e SIF_LC





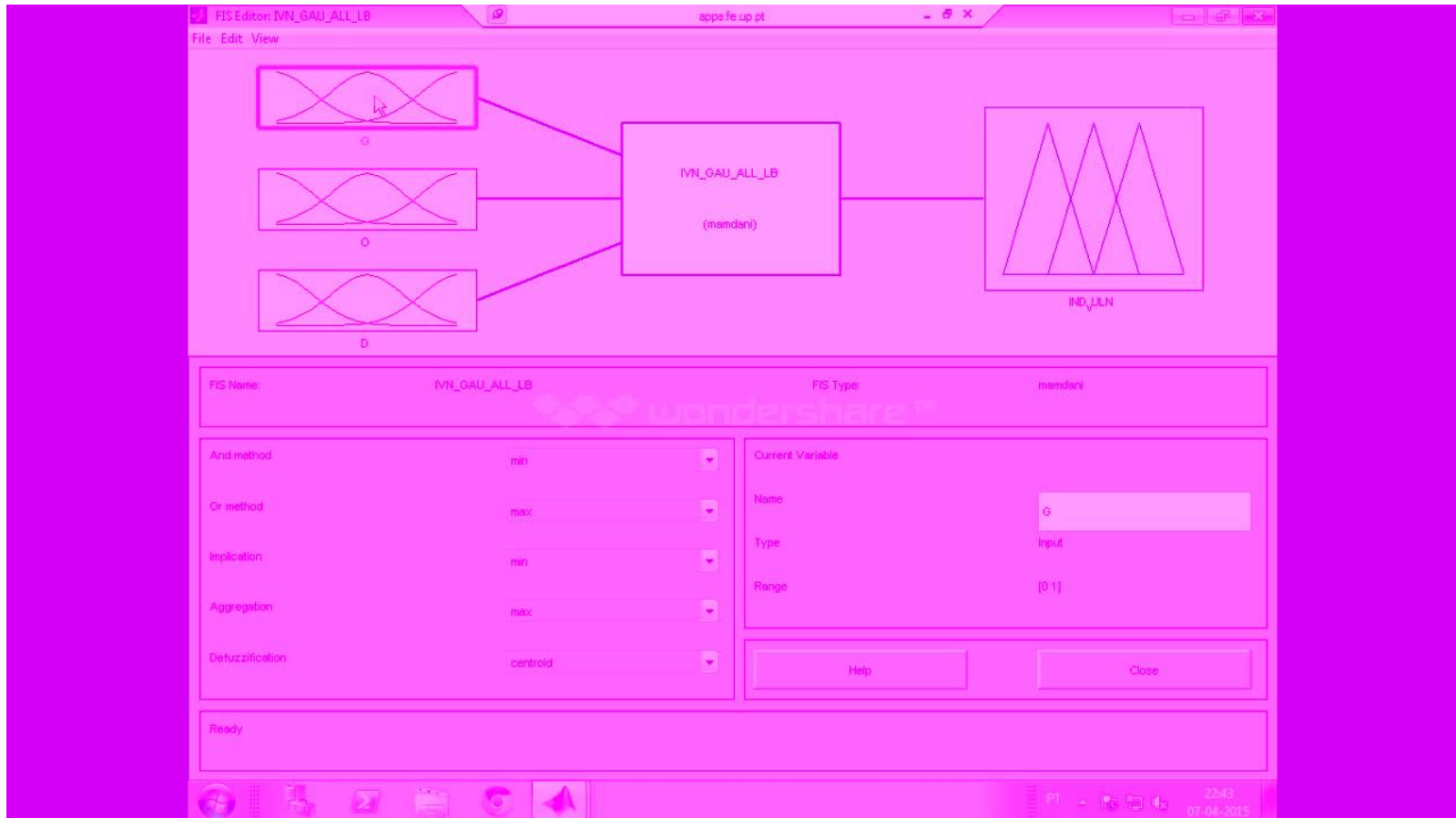
○ METODOLOGIA

Prescrição para aplicação dos SIF





Processamento do SIF – *toolboxes Logic Fuzzy and Simulink/ Matlab* ®



Obs. Caso o vídeo não entre em funcionamento, por favor clicar no [link](#) que irá direcioná-lo ao mesmo [vídeo no youtube](#).



○ METODOLOGIA

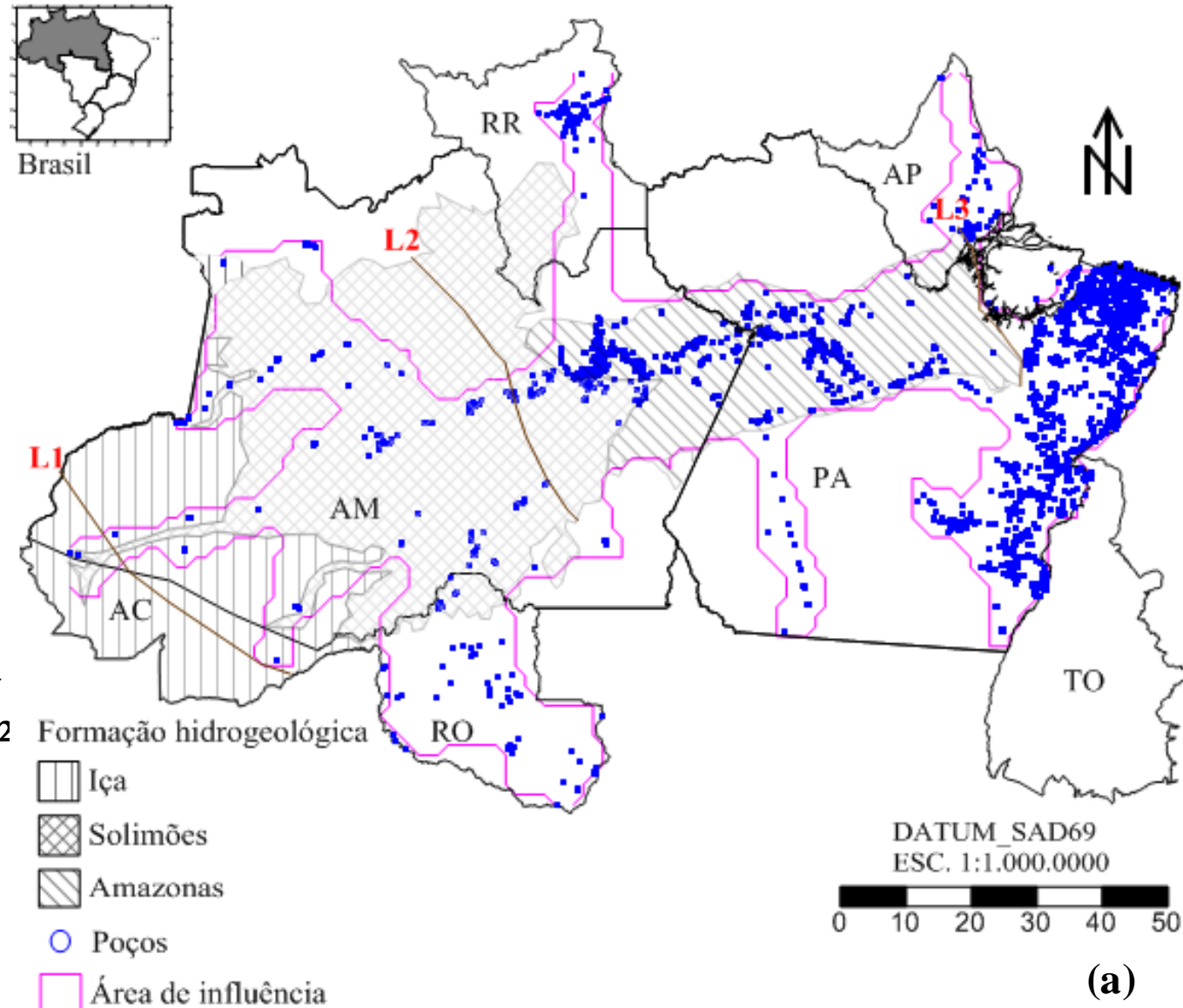
Área de aplicação

- Bacia Amazonas;
- $615,6 \times 10^3 \text{ km}^2$
- $33 \times 10^3 \text{ km}^3$

- Bacia Solimões;
- $948,6 \times 10^3 \text{ km}^2$
- $7,2 \times 10^3 \text{ km}^3$

Área de influência

- $1.156,065 \times 10^3 \text{ km}^2$
- 44,68% norte;
- Dados – SIAGAS
- 9.840 poços;

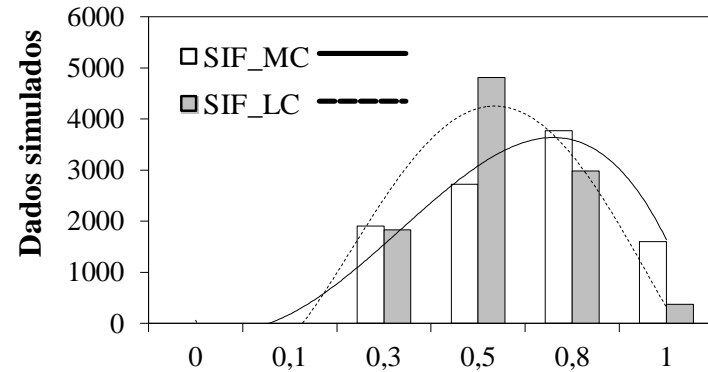
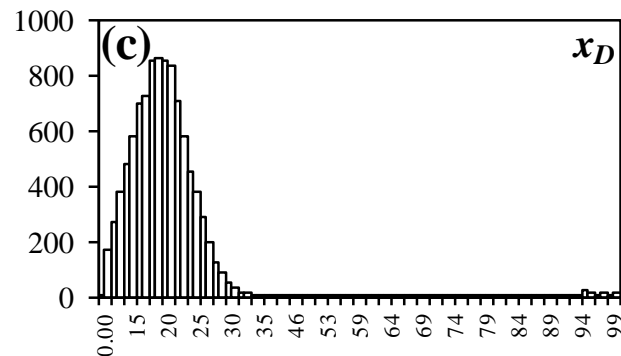
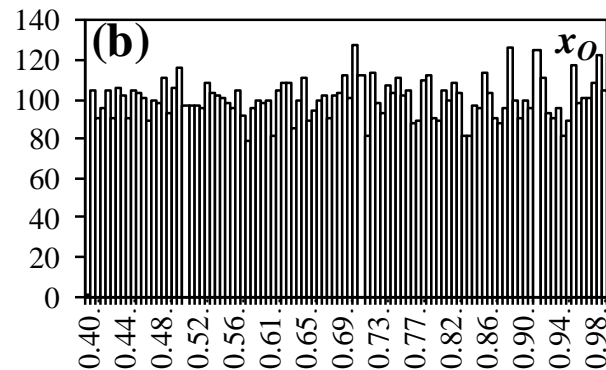
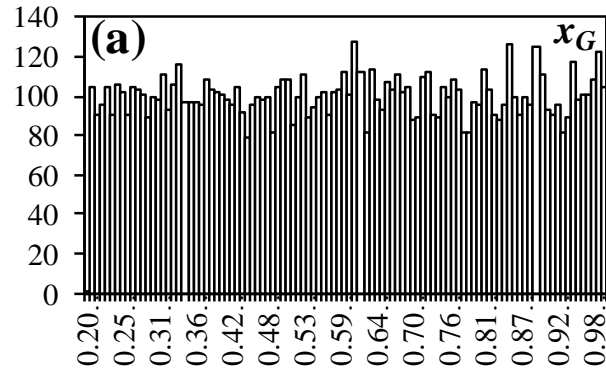


(a)



○ RESULTADOS

Simulação



SIF_MC_PROB

I – 1,02%

B – 3,54%

M – 19,77%

A – 39,33%

E – 15,94%

SIF_LC_PROB

I – 0,82%

B – 3,79%

M – 25,74%

A – 38,16%

E – 3,97%

SIF_MC (CCS)

G – 80,76%

O – 25,74%

D – 23,90%

SIF_LC (CCS)

G – 80,74%

O – 25,73%

D – 23,90%



○ RESULTADOS

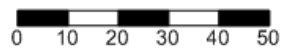
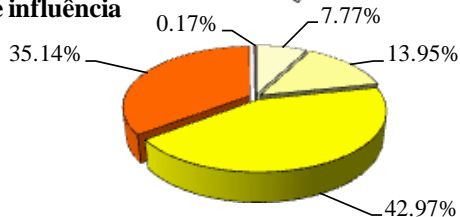
Évora, 9 e 10 de abril de 2015 | Universidade de Évora

- Comparação entre o mapeamento gerado pela classificação da vulnerabilidade pelo índice GOD e SIF_MC.

índice GOD
MSE = 0,0259;
RMSE = 0,1612

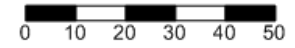
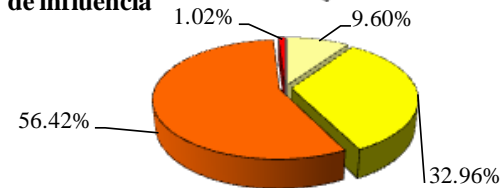
SIF_MC
MSE = 0,0144;
RMSE = 0,1199

% sobre a área de influência



(b)

% sobre a área de influência



(a)



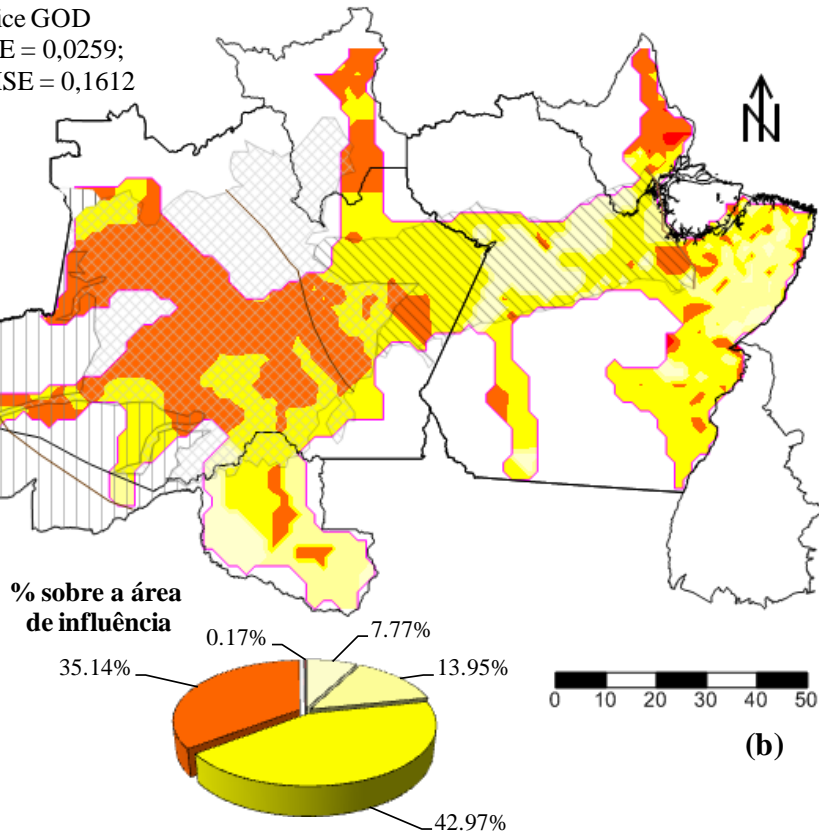


○ RESULTADOS

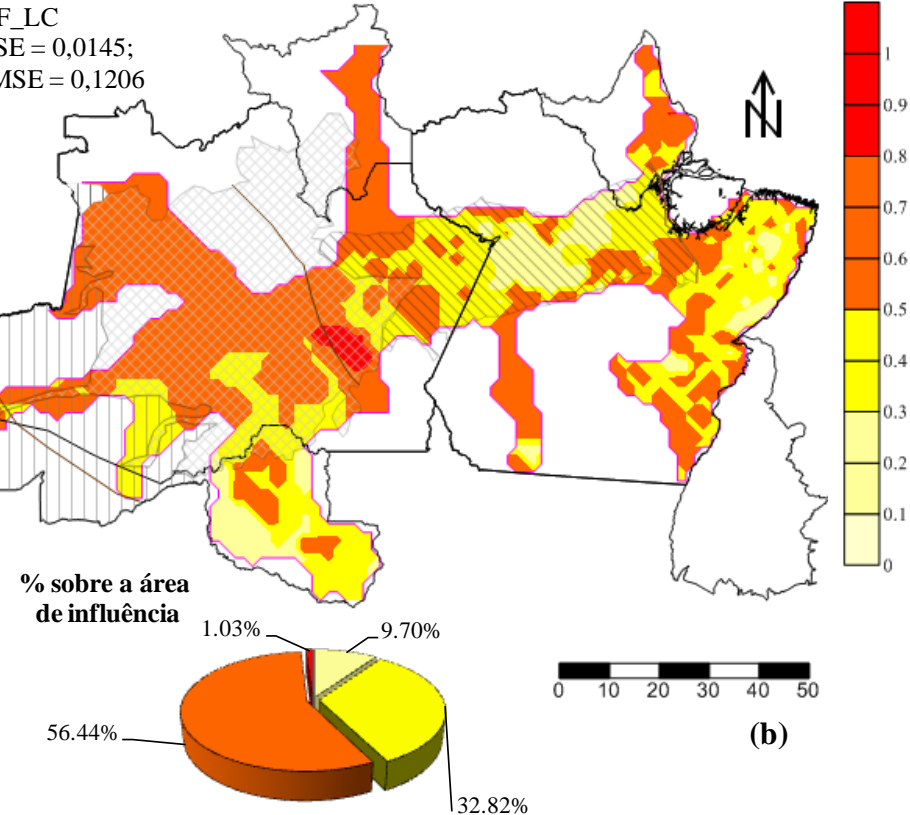
Évora, 9 e 10 de abril de 2015 | Universidade de Évora

- Comparação entre o mapeamento gerado pela classificação da vulnerabilidade pelo índice GOD e SIF_{LC}.

índice GOD
MSE = 0,0259;
RMSE = 0,1612



SIF_{LC}
MSE = 0,0145;
RMSE = 0,1206

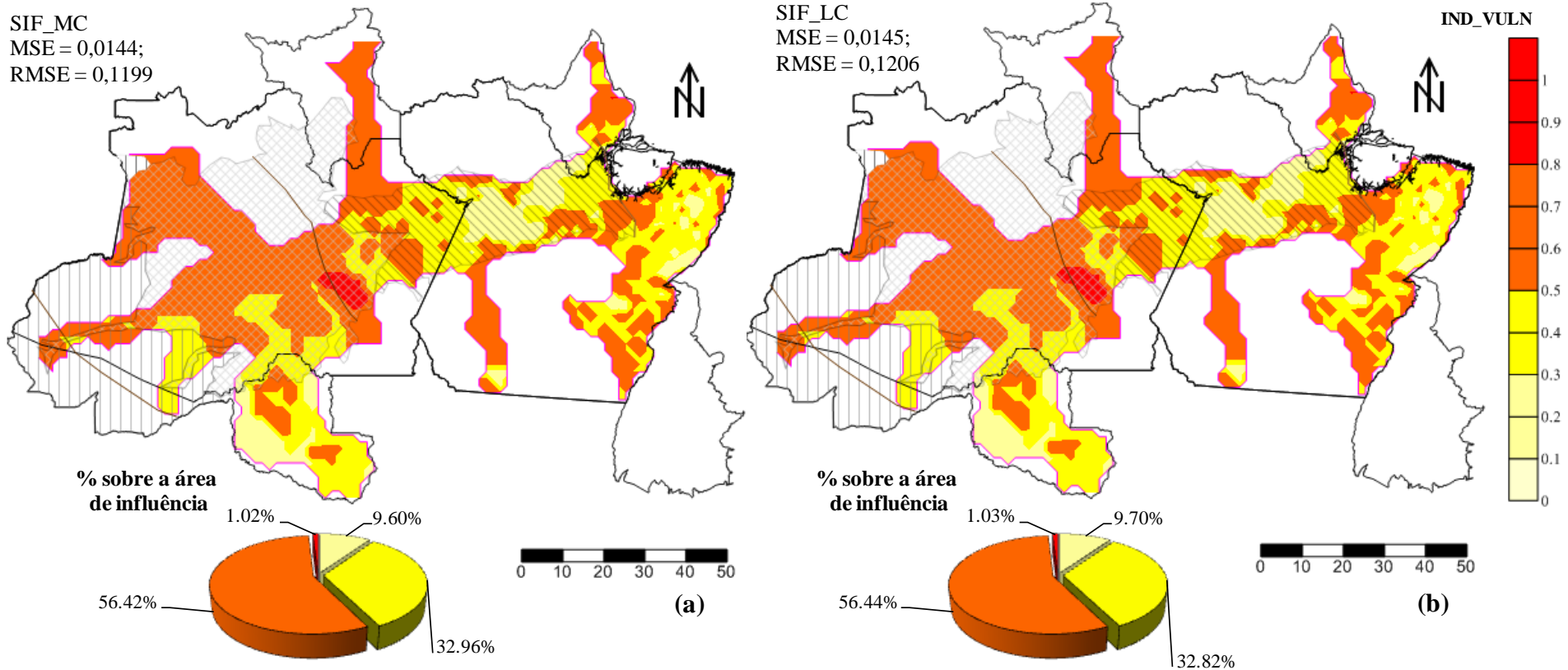




○ RESULTADOS

Évora, 9 e 10 de abril de 2015 | Universidade de Évora

- Comparação entre o mapeamento gerado pela classificação da vulnerabilidade pelo SIF_MC e SIF_LC.





- Os sistemas *fuzzy* apresentaram maior probabilidade para classificar a vulnerabilidade como alta;
- O parâmetro associado ao grau de confinamento apresentou-se como mais sensível para classificar a vulnerabilidade;
- O mapeamento realizado por meio da interpolação dos resultados do SIF_MC foi o que agregou menores erros;
- A metodologia adoptada apresentou-se como excelente estratégia de planeamento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

○ AGRADECIMENTOS

10.º Seminário sobre Águas Subterrâneas

Évora, 9 e 10 de abril de 2015 | Universidade de Évora



Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/ Brasil), pela concessão de bolsa de doutoramento ao primeiro autor.

