
Aplicação do Modelo Aditivo Generalizado espacial para o mapeamento da susceptibilidade a deslizamentos

Tatiana Dias T. Uehara
SER301 - Análise Espacial de Dados Geográficos



Introdução

Deslizamentos são eventos que causam grandes **prejuízos econômicos e fatalidades sociais** em todo globo.

Mapas de susceptibilidade são ferramentas eficientes para prevenir tais danos. Mensuram a probabilidade da ocorrência de determinado evento.

Podem ser aplicados em **estratégias de planejamento territorial/urbano** em escalas que variam do local ao continental.



Fonte: Antonio Lacerda/EFE/VEJA. Deslizamento de terra nos morros em Teresópolis (RJ).

Justificativa



Deslizamento de terra em Campos do Jordão na madrugada de sexta (13).
Fonte: Corpo de Bombeiros.

Objetivo

Analisar **fatores condicionantes** à ocorrência de movimentos de massa empregando um Modelo Aditivo Generalizado (GAM) espacial;

Elaborar um **mapa de suscetibilidade** indicando locais com maior probabilidade de ocorrência desses eventos.

Área de Estudos

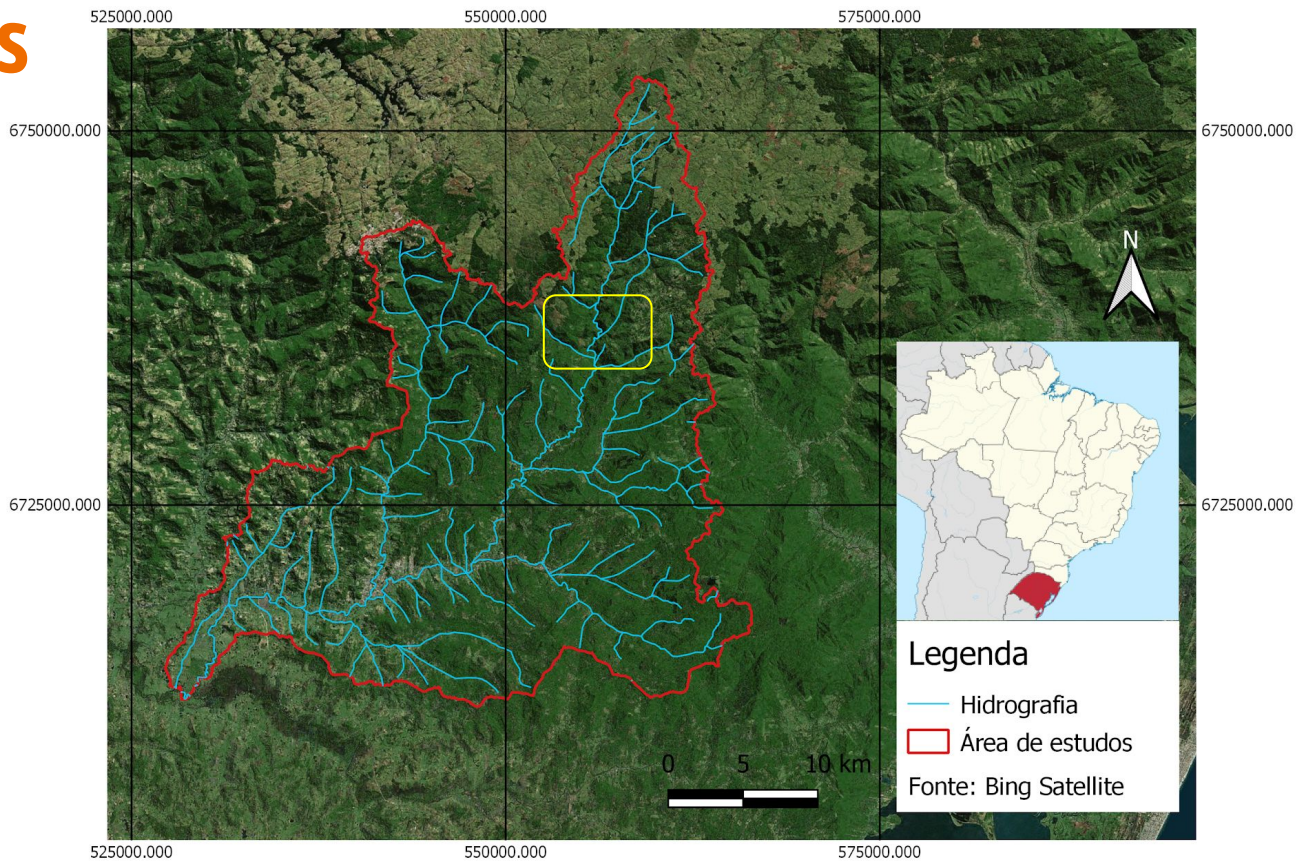
Área de captação do Rio Rolante (bacia hidrográfica do Rio Sinos).

Área: 828 km²

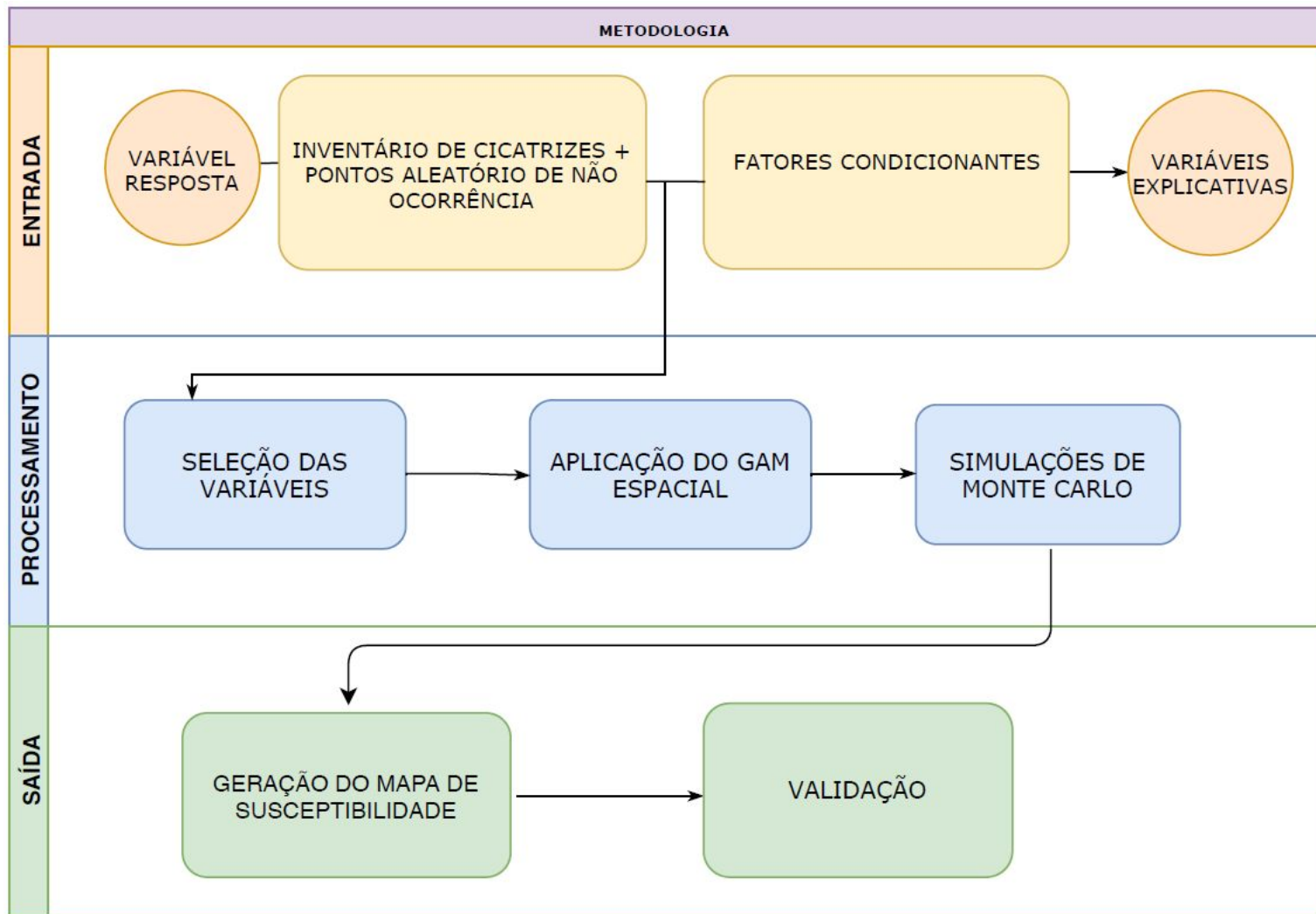
Elevação: 20 a 1040m

Evento extremo de chuva:
05/jan/2017.

300 cicatrizes (QUEVEDO et al, 2019).



Metodologia



Variável Resposta: binomial

335 cicatrizes.

Buffer de 5m na cicatriz.

Geração de **335 pontos aleatórios** de não ocorrência.

Ocorrência: 1

Não ocorrência: 0

(QUEVEDO, 2019)

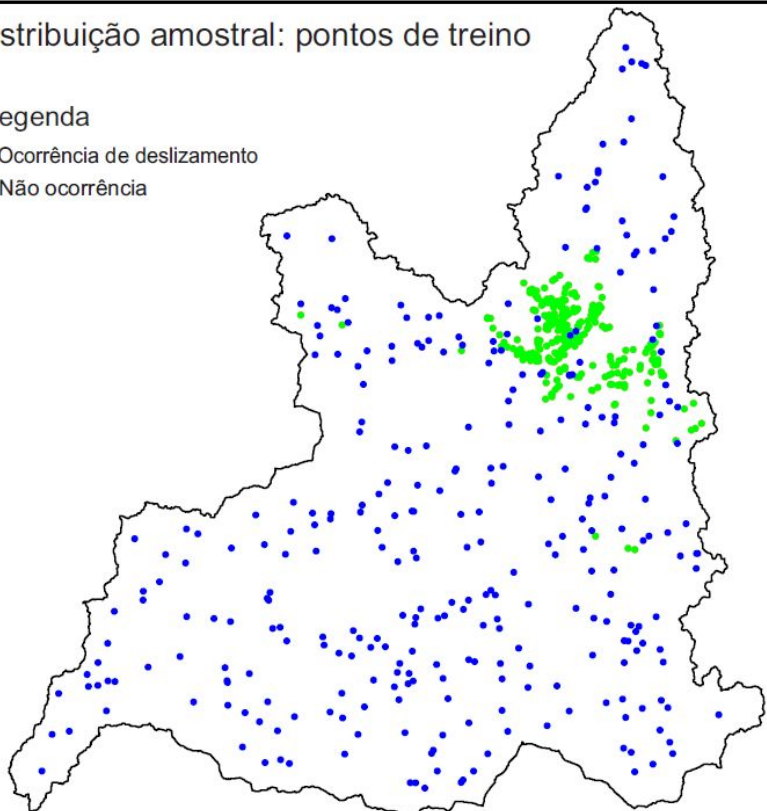


Distribuição espacial da variável resposta

Distribuição amostral: pontos de treino

Legenda

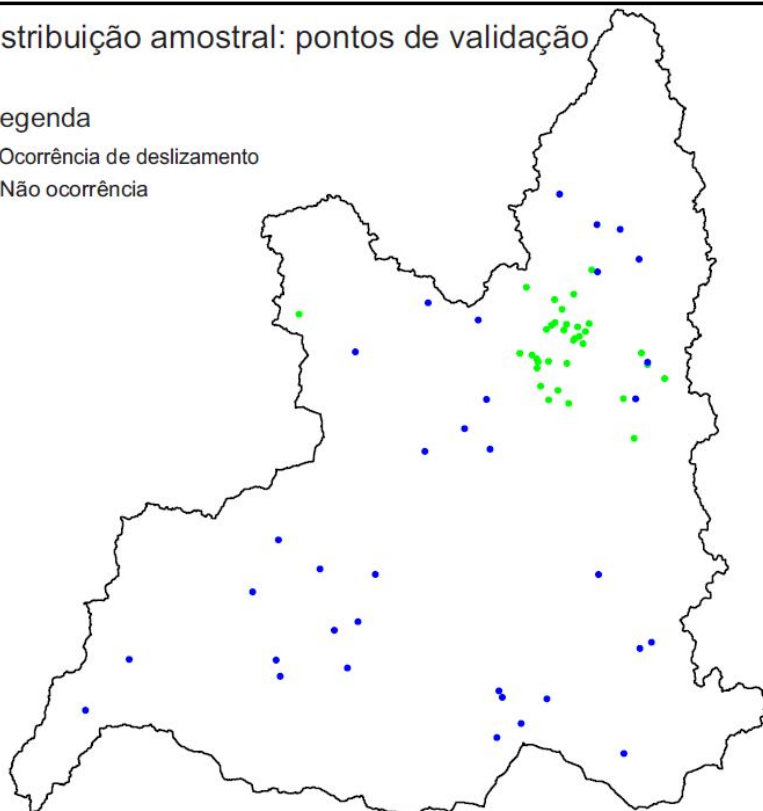
- Ocorrência de deslizamento
- Não ocorrência



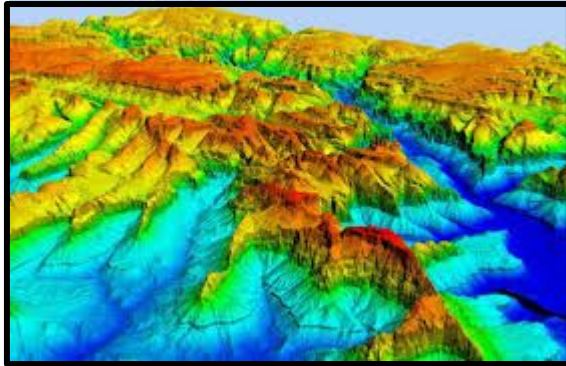
Distribuição amostral: pontos de validação

Legenda

- Ocorrência de deslizamento
- Não ocorrência



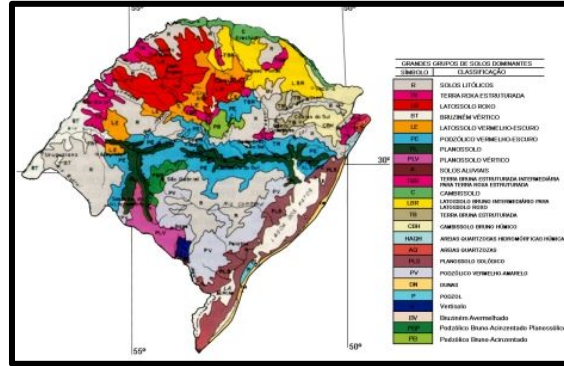
Variáveis explicativas



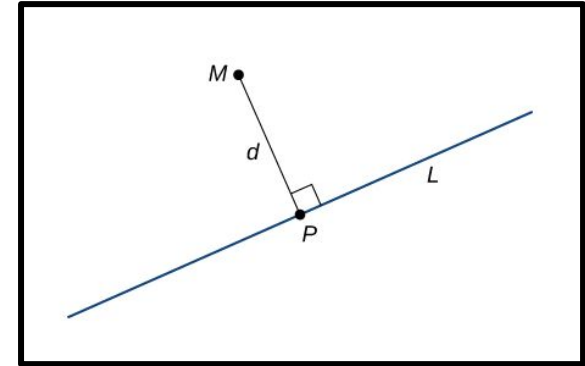
4 variáveis geomorfométricas

MDE (ALOS/PALSAR)

12,5m



Tipo de solo (EMBRAPA,2004)

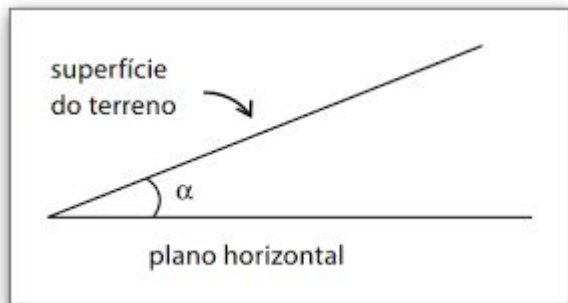


Distância dos cursos d'água

Elevação (m)

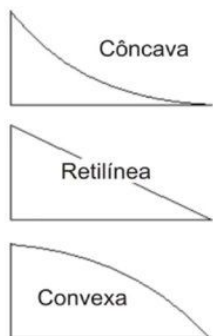


Declividade (%)

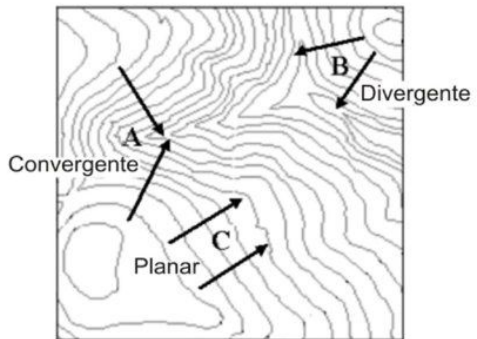


Curvatura horizontal e vertical ($^{\circ}/m$)

Curvatura vertical

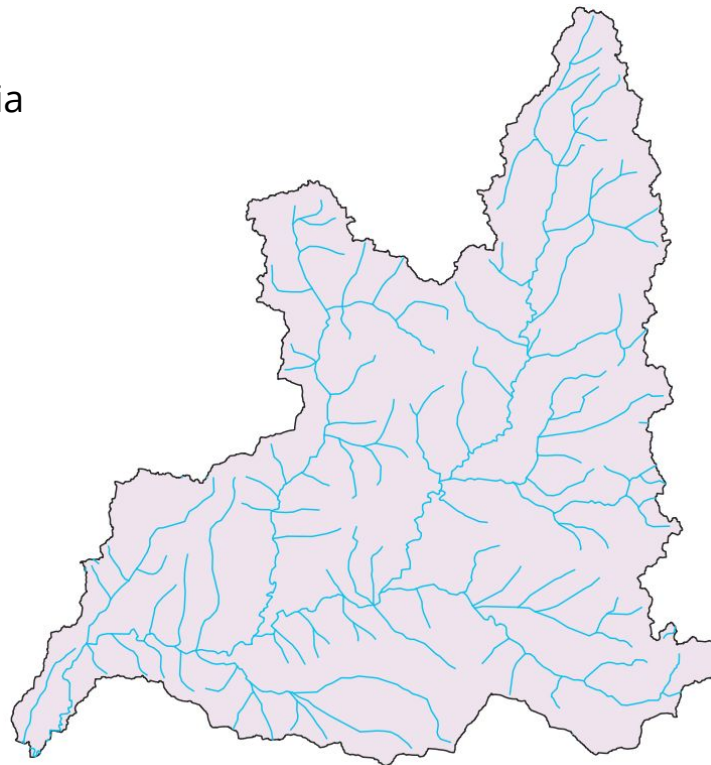
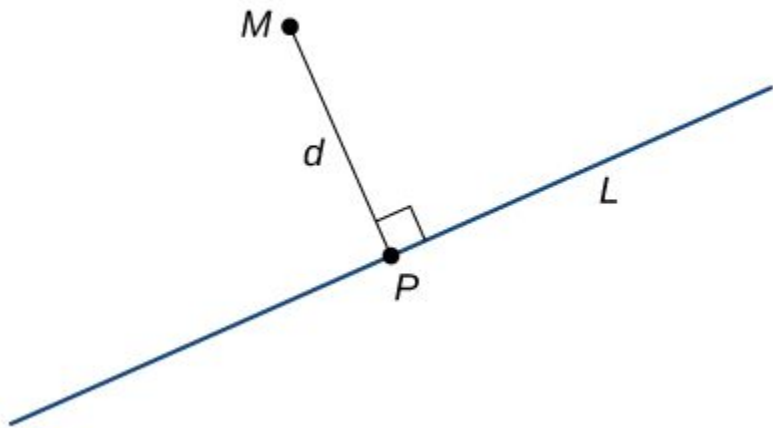


Curvatura horizontal







Distância dos cursos d'água

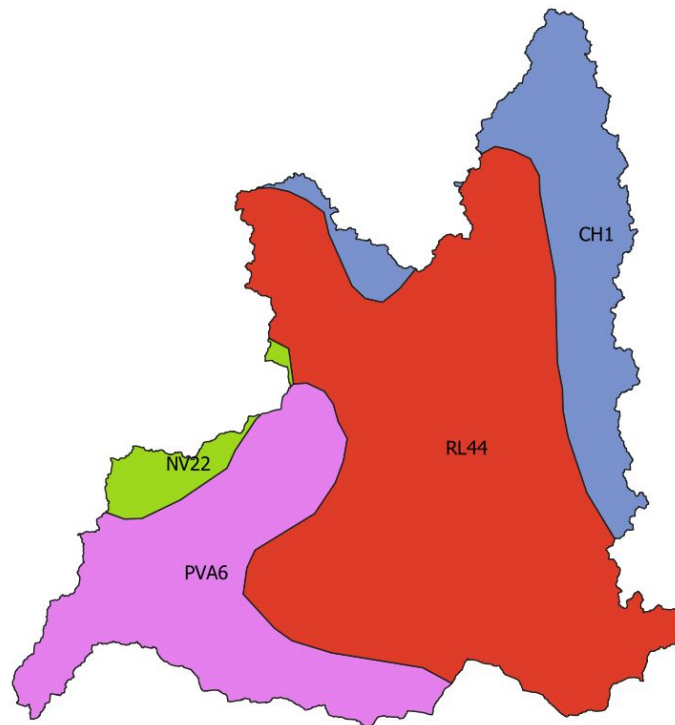
Distância euclidiana entre o ponto e o vetor de hidrografia mais próximo



Tipos de solos

Pesos atribuídos conforme o grau de erodibilidade:

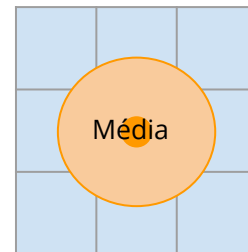
- 0,7  Argilossolo Vermelho-Amarelo
- 0,8  Cambissolo Húmico
- 0,8  Neossolo Litólico
- 0,5  Nitossolo Vermelho



Construção do banco de dados

Buffer de 5 m: extração da média dos pixels para cada variável.

fid	X	Y	classe	solo	solo2	elevation	slope	plancurv	profcurv	disthidro
2	561150.9237	6734567.872		1	0.8 CH	749.6440222	24.79262	0.003074	-0.00217	147.606
3	561181.1213	6734652.77		1	0.8 CH	718	20.23925	0.002657	-0.00188	60.00402
4	561246.3833	6734575.897		1	0.8 CH	732.1113109	20.5573	-0.00226	-0.00023	63.78464
5	561111.9613	6734759.617		1	0.8 CH	702.0118513	21.15844	-0.00054	-0.00391	20.88412
6	560408.0003	6734198.218		1	0.8 CH	898.9425441	20.23555	-0.00053	-0.00259	733.4098
7	560943.5043	6735154.405		1	0.8 CH	680	29.57566	-0.00454	-0.00195	72.68762
8	560951.0298	6735281.805		1	0.8 CH	649.3703055	5.158714	0.003152	-0.00583	4.861802
9	560809.7584	6735144.133		1	0.8 CH	745	28.49319	-0.00076	0.000323	189.5385
10	560796.9256	6735165.457		1	0.8 CH	745	28.54654	3.69E-05	-6.9E-05	192.696
11	560932.5044	6735325.734		1	0.8 CH	642.8091808	8.682202	0.021825	-0.00265	4.235696
12	560939.7542	6735401.972		1	0.8 CH	641.9996115	14.91593	0.005727	-0.00317	32.9374
13	560415.1543	6735981.262		1	0.8 CH	686	28.54016	-0.00183	-0.00222	402.2328
14	560526.8972	6736034.72		1	0.8 CH	693.0107715	28.02221	-0.0036	-0.00185	402.0538
15	560572.1899	6736200.401		1	0.8 CH	781.1388213	32.90243	-0.00394	0.002089	521.5772
16	560665.4737	6736118.333		1	0.8 CH	683	31.02183	0.001113	-0.00213	397.2888
17	560796.2253	6736287.758		1	0.8 CH	695.4950436	34.17341	-0.00217	-0.00136	327.9785
18	560306.7274	6735761.344		1	0.8 CH	583.7558333	20.6249	0.011745	-0.00471	250.8616
19	559191.0196	6735442.575		1	0.8 CH	561	29.16492	0.009646	-0.00043	252.8716
20	559276.8785	6735879.317		1	0.8 CH	792.0367336	35.00474	0.000742	-0.00119	606.9264



Modelo Linear Generalizado (MLG)

Regressão linear múltipla: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \dots$

Modelo Linear Generalizado: PRESSUPOSTOS.

- 1) K valores independentes Y_1, \dots, Y_K , de uma variável resposta que segue uma distribuição da família exponencial, com valor esperado $E(Y_i) = \mu_i$;
- 2) Uma função de ligação, denotada por $g(\mu_i)$, tal que:

$$g(\mu_i) = \Sigma \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}$$

\mathbf{X} : vetor das variáveis explicativas.

$\boldsymbol{\beta}$: representa o vetor de parâmetros a serem estimados.

► $g(\mu_i) = E(Y_i)$

Modelo Aditivo Generalizado (GAM)

GAM é uma extensão do MLG, em que o termo $\Sigma X\beta$ é substituído por $\Sigma f(X)$:

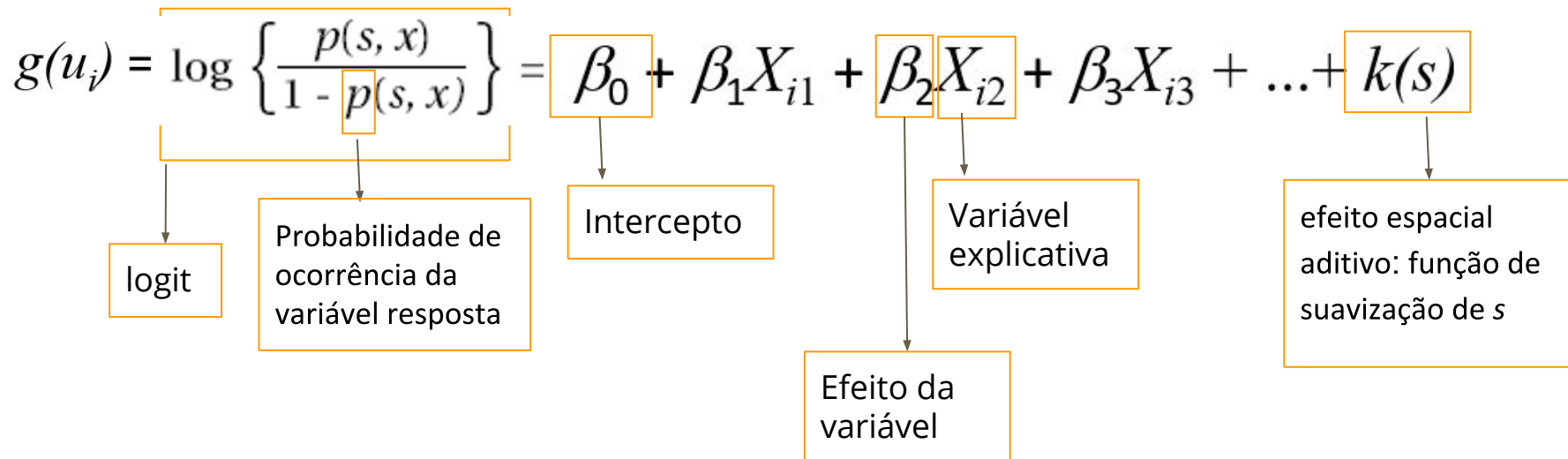
$$g(\mu_j) = \Sigma f(\mathbf{X})$$

$f(X)$ é uma **função não paramétrica**, estimada por curvas de alisamento (ex: splines)

A curva alisada permite lidar com relações **não lineares** no modelo.

Variável resposta deve ser contínua e não limitada, variando de $-\infty$ a $+\infty$, portanto devemos utilizar o logit.

Modelo Aditivo Generalizado Espacial (SPGAM)

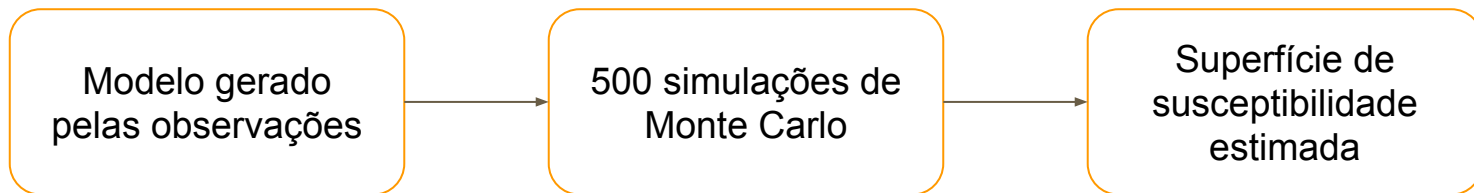


Uma abordagem semiparamétrica.

$k(s)$ é uma função de Kernel, em que s é um vetor de coordenadas da variável resposta.

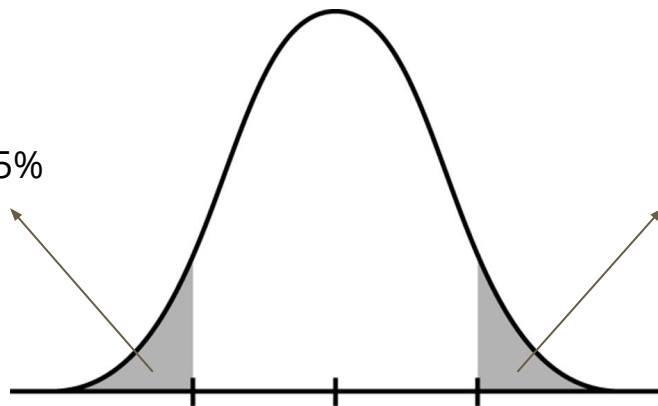
Simulação Monte-Carlo

Teste global da variação espacial da susceptibilidade e a identificação dos locais com alta e baixa susceptibilidade:



Baixa susceptibilidade: 2,5%

Alta susceptibilidade: 97,5%

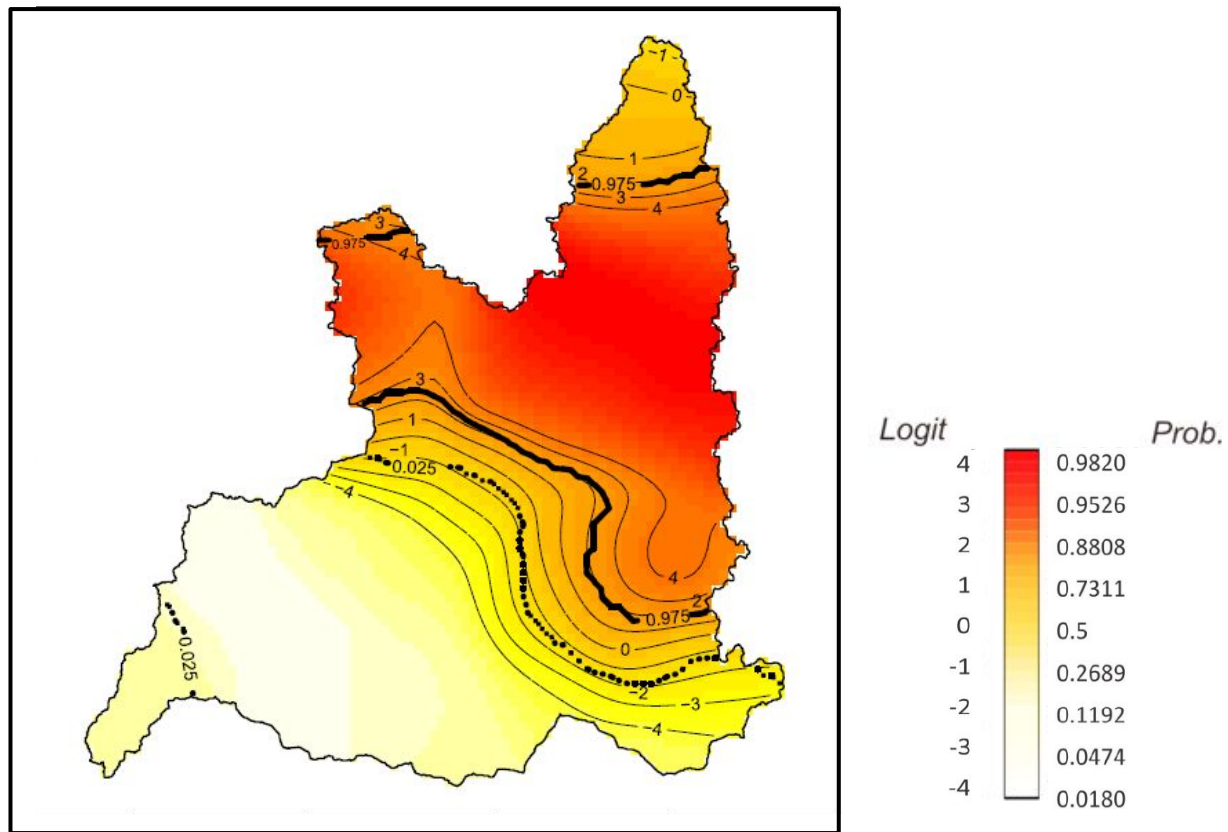


Resultados

Seleção de atributos (backwards):

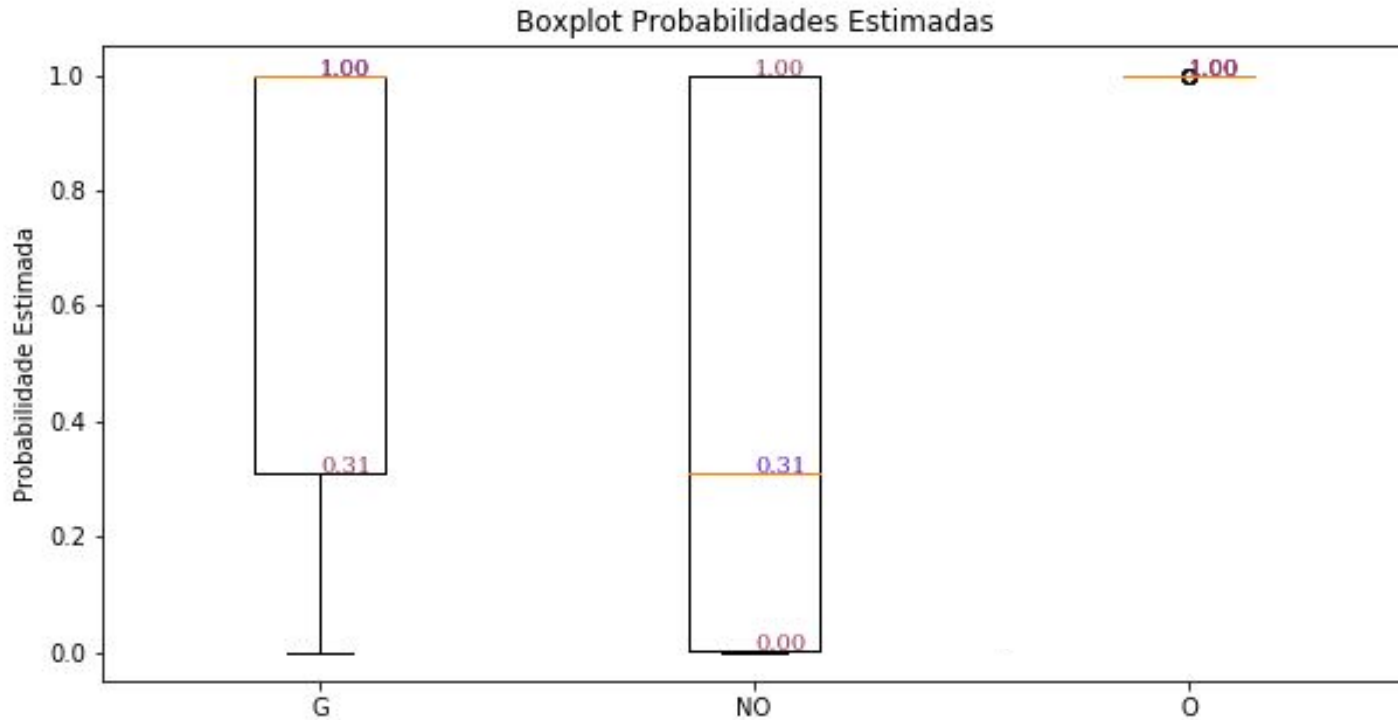
- Intercepto
- Elevação
- Declividade
- Curvatura vertical
- Curvatura horizontal

Estimativa da susceptibilidade espacial



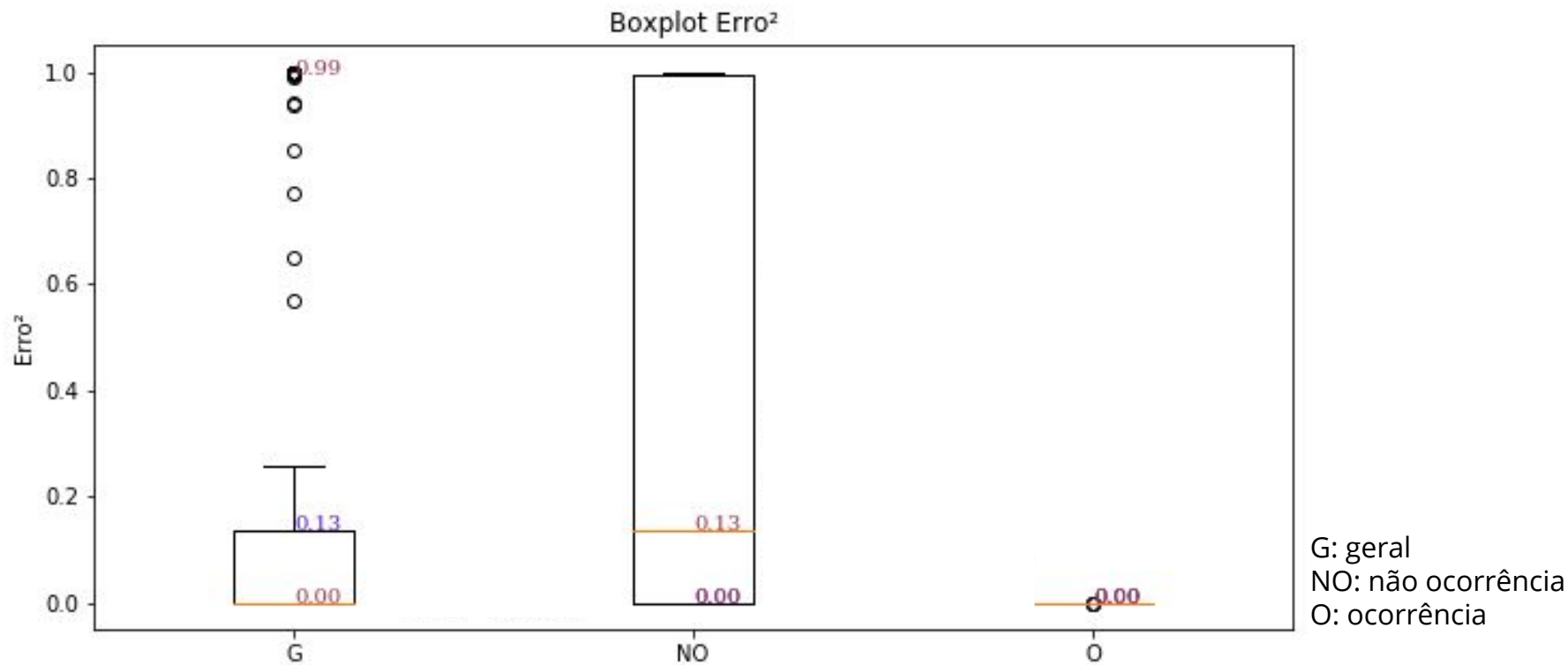
Validação: dados estimados

Extração dos valores da superfície de susceptibilidade a partir da localização dos pontos de teste.



G: geral
NO: não ocorrência
O: ocorrência

Validação: erro²



Conclusões

O resultados para as áreas de ocorrência e não ocorrência foram muito distintos.

- 1) **100% das amostras de ocorrência:** susceptibilidade $> 0,99$.
- 2) **Mais de 50% das amostras de não ocorrência:** susceptibilidade $< 0,5$.
50%: susceptibilidade $< 0,3$.

Maior dificuldade em discriminar os locais de não ocorrência.

No entanto, apresentou um resultado considerado bom, já que mais da metade de cada classe foi corretamente classificada.

Os erros provindos da não ocorrência podem ser causados pelo fato da mesma não necessariamente significar que não há susceptibilidade, mas sim que não teve o evento.

Nesse caso **a probabilidade 'real' não é necessariamente 0.**

Modelo simplifica a realidade, recomenda-se realizar **mapas de incerteza.**

Referências

CAMARGO, Eduardo Celso Gerbi et al. A proposal for using data from antimicrobial prescriptions: the EUREQA experience. Cad. Saúde Pública [online]. 2012, vol.28, n.5, pp.985-990. ISSN 0102-311X.

<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2012000500017>.

Quevedo, R. P.; Guasselli, L. A.; Oliveira, G. G.; Ruiz, L. F. C. (2019a) Modelagem de áreas suscetíveis a movimentos de massa: avaliação comparativa de técnicas de amostragem, aprendizado de máquina e modelos digitais de elevação, Geociências (São Paulo. Online). No prelo.

EMBRAPA. Solos do Rio Grande do Sul. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 46. ISSN 1678-0892, 2004.

Obrigada

tatiana.uehara@inpe.br