

Técnicas geoestatísticas no mapeamento de atributo de fertilidade do solo

Emanoel Junior da Silva Nunes ¹

¹ Universidade de São Paulo - USP/ESALQ
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Piracicaba - SP, Brasil
jr.emanoel@usp.br

Abstract. One of the main economic activities in the municipality of Alta Floresta - MT is the extensive livestock, but the soils are considered to have high degree of compaction and acidity. This work was conducted with the objective to analyze the variation of the chemical attributes of the soil pH, using geostatistical techniques, aiming to generate thematic maps attribute. Therefore, we collected 48 soil samples randomly distributed throughout the city of Alta Floresta - MT, and to made chemical analysis. The exploratory analyzes of the data proceeded initially as descriptive statistics and spatial as well as the identification of outliers. The geostatistical analyzes corresponded to the empirical semivariogram modeling, validation and adjustment of the experimental semivariogram and spatial interpolation by ordinary kriging. Afterwards, we proceeded to the creation of thematic map attribute, then settling soil pH ranges. In the city studied showed bands ranging from strongly acidic with 836.065,00 ha, with moderately acid 56.209,00 ha to weakly acid with 1.839,00 ha. These respectively represent 93,5 , 6,3 and 0,2 % of the municipal area.

Palavras-chave: ordinary kriging, chemical attributes, thematic maps, krigagem ordinária, atributos químicos e mapas temáticos.

1. Introdução

A tecnologia é um dos principais fatores determinantes para manutenção de um sistema produtivo, ou seja, com base na tecnologia e no meio utilizados, torna-se um sistema de produção sustentável ou não, eficiente para manter a atividade produtiva, seja em caráter familiar seja empresarial (ALEIXO et al. 2007).

Segundo Souza et al. (2004) a convencional aplicação de insumos na agricultura é baseada em teores médios da fertilidade do solo, podendo subestimar ou superestimar esses teores no solo, acarretando excessos ou déficit nutricionais em determinadas áreas. Portanto, o conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos atributos da fertilidade pode otimizar a aplicação localizada de corretivos e fertilizantes, melhorando, dessa maneira, o controle do sistema de produção das culturas.

Uma das principais atividades econômicas no município de Alta Floresta - MT, é a pecuária extensiva, porém os solos são considerados com elevado grau de compactação e acidez. O potencial produtivo das pastagens é determinado por fatores relacionados ao clima, ao solo e à espécie envolvida. O solo pode impor limitações ao crescimento das plantas pela capacidade de supri-las com nutrientes, água e oxigênio. Limitações à produtividade das pastagens podem estar relacionadas ao grau de fertilidade do solo e à ocorrência de Al e Mn em níveis tóxicos (HAAG & DECHEN, 1986).

Um dos métodos bem difundido no estudo da variação espacial da fertilidade do solo é através de análise geoestatística, que de modo geral engloba a análise exploratória dos dados, modelagem do semivariograma experimental, ajuste de um modelo teórico e interpolação por Krigagem.

A Krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Ela utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações. Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos

menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados (JAKOB, 2002).

Assim, conduziu-se este trabalho com o objetivo analisar a variação do atributo químico do solo pH, utilizando técnicas geoestatísticas, com a finalidade de gerar mapas temáticos do atributo. Espera-se com esse estudo identificar os níveis de acidez do solo, a um nível de reconhecimento em todo o município de Alta Floresta – MT.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Alta Floresta no extremo norte do estado de Mato Grosso a 830 km da capital Cuiabá, entre as coordenadas geográficas 09° 52' 32", de Latitude Sul e 56° 05' 10" de Longitude Oeste (Figura 1).

Os tipos de solos predominantes em Alta Floresta-MT são os Argilossolos Vermelho-Amarelo Distrófico, ocorrendo, como subdominante na maioria das manchas, latossolo vermelho-amarelo e latossolo amarelo (IBGE, 2006). O relevo, segundo o Projeto RADAMBRASIL (1980) pode ser dividido em quatro unidades geomorfológicas: Depressão Interplanáltica da Amazônia Meridional, Planaltos dos Apicás-Sucunduri, Planalto Dissecado da Amazônia e os Planaltos residuais do Norte de Mato Grosso. O núcleo urbano de Alta Floresta está a uma altitude de 340 m acima do nível do mar. O relevo varia entre suave-ondulado a ondulado, com predominância de Latossolos Vermelho Amarelo.



Figura 1. Área de localização, Alta Floresta – MT.

O clima é classificado segundo Köppen como Aw, ou seja, tropical chuvoso, alcançando elevado índice pluviométrico no verão podendo atingir médias às vezes superiores a 2.750 mm, e um inverno seco, predominando as altas temperaturas, cuja média anual fica em torno de 26° C (IBGE, 1997).

2.2 Coleta de amostras de solo

A espacialização das amostras ocorreu de modo aleatório, afim de que ficassem distribuídas em toda a área do município, tanto em áreas de pastagem quanto em áreas de floresta, com o intuito de verificar os atributos desses solos. As coletas foram realizadas nas profundidades de 0 a 20 cm e de 80 a 100 cm com trado do tipo Holandês, e com auxílio de um Sistema de Posicionamento Global (GPS) obteve-se as coordenadas geográficas. No presente trabalho estão os resultados da realização das análises geoestatísticas para a profundidade de 0 – 20 cm de um total de 48 pontos amostrais (Figura 2).

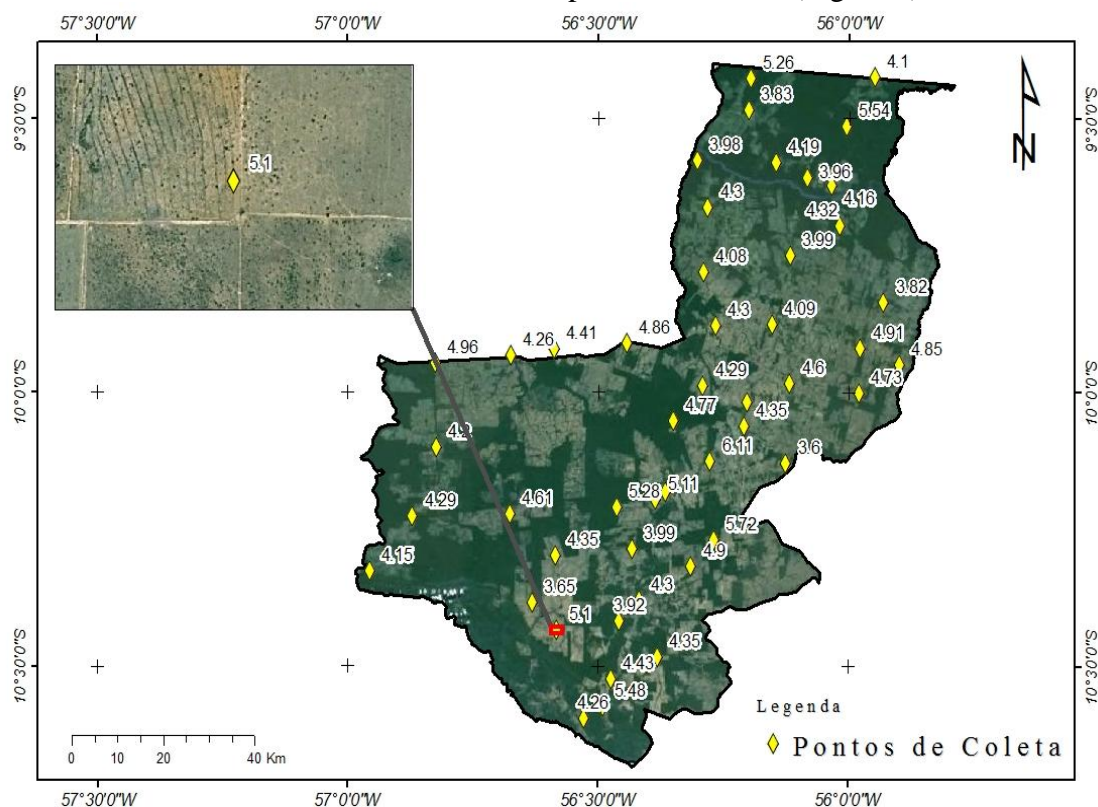


Figura 2. Locais das amostras e nível de pH, Alta Floresta – MT. Fonte: Google Earth.

Os materiais coletados foram encaminhados para Laboratório de Solos do Campus universitário de Alta Floresta - UNEMAT, para obter as análises físicas e químicas. Por fim com auxílio de planilha digital (EXCEL) organizou - se os dados.

Para a interpretação dos resultados, foram adotados os parâmetros vistos na (Tabela1).

Tabela 1. Parâmetros de interpretação dos valores de pH

Acidez Ativa	pH (ppm)
Fortemente ácido	< 5,0
Mediamente ácido	5,1 - 5,7
Fracamente ácido	5,8 - 6,9

Fonte: Circular Técnica 63 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2002).

2.3 Análise Geoestatística

Os pontos de coleta georreferenciados e os valores de pH foram importados para o software estatístico R de plataforma livre versão 2.13.1, onde se processaram as análises geoestatísticas.

Primeiramente realizou-se a análise exploratória dos dados onde obteve – se algumas estatísticas e gráficos descritivos. Segundo Cressie, (1991) têm o intuito de cumprir com exigências do estudo da continuidade espacial, em especial no tange à simetria da distribuição de frequência, quando a simetria é desejável, porém, a normalidade não é exigida.

Após a avaliação dos dados, foi modelado o gráfico do semivariograma experimental e através deste foi avaliada a dependência espacial entre amostras.

A dependência espacial entre um atributo Z , de duas variáveis regionalizadas, discretizadas em posições X_i , separadas por uma distância h , (X_i e X_{i+h}), é representado pelo semivariograma, estimado pela (Equação1):

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^{N_h} [z(x_i+h) - z(x_i)]^2$$

Onde $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $Z(x)$, $Z(x+h)$, separado pela distância h , se a variável for escalar. O gráfico de $\hat{\gamma}(h)$ versus valores correspondentes de h , chamado semivariograma, é uma função do vetor h , e, portanto, depende da magnitude e direção de h (CARVALHO, 2002).

A interpolação espacial foi realizada utilizando a Krigagem ordinária. Com a matriz de valores, na forma de grade vetorial, foi gerado um mapa temático com faixas de valores de pH, ao longo de todo o município.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise exploratória

A (Figura 3) mostra o gráfico boxplot dos dados de pH obtidos, o mesmo mostra que não houve observação fora de padrão (*outlier*) ou seja valores atípicos.

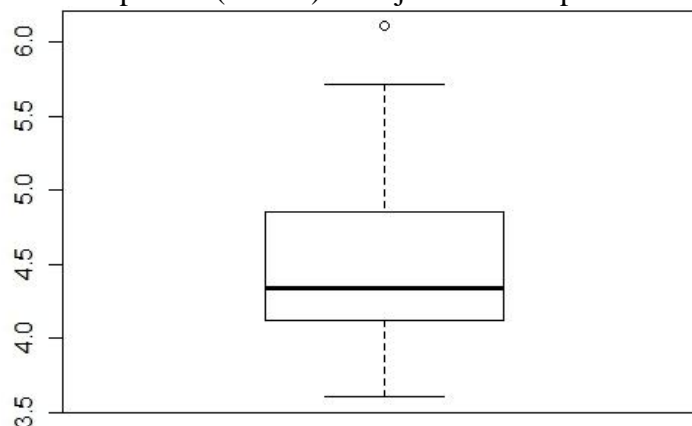


Figura 3. Gráfico boxplot dos dados de pH.

O histograma, é uma representação gráfica da distribuição de frequência das amostras de pH. A (Imagem 4) mostra o histograma onde se percebe a maior quantidade de amostra entre 4 e 4,5 demonstrando que em geral os solos encontram-se fortemente ácido.

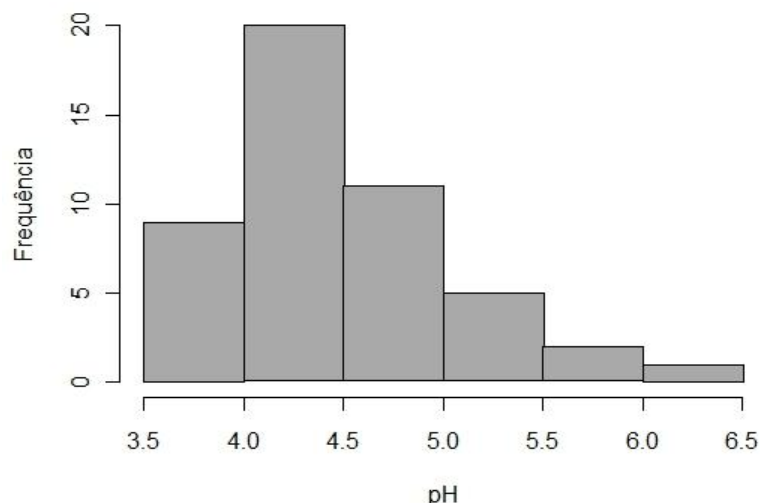


Figura 4. Histograma do dados de pH.

A (Tabela 2) apresenta valores das estatísticas descritivas.

Estatísticas	Valores
Média	4.50
Variância	0.30
Desvio Padrão	0.55
Coefficiente de Variação	12.23
Coefficiente de Assimetria	0.85
Coefficiente de Curtose	0.22
Valor Mínimo	3.6
Valor Máximo	6.11
Mediana	4.34
1° Quartil	4.14
3° Quartil	4.85

Destaca-se que em média o valor do pH no solo é de 4.50, o que dá indícios de necessidade de calagem. Este fato é melhor justificado pela mediana, que indica que 50% das amostras apresentam pH igual ou inferior a 4.34.

3.2 Modelagem do semivariograma experimental

Realizou-se a construção dos semivariogramas direcionais nas quatro direções: 0°, 45°, 90° e 135°, para avaliar a anisotropia, com $\lambda=1$ e *cutoff* igual a 50% da distância máxima = 75.000.

As amostras foram avaliadas em apenas uma direção, uma vez que os dados não apresentavam anisotropia, fenômeno não detectado durante a modelagem do semivariograma experimental.

3.3 Ajuste e validação do modelo teórico de semivariograma

Após a criação do semivariograma experimental, foi realizado o ajuste a um modelo teórico. Foram testados três modelos de curvas para ajuste (exponencial, gaussiano e esférico). Dentre os modelos, o exponencial mostrou o melhor ajuste.

Tabela 3. Tipos de modelos teóricos de semivariograma.

Modelo	Tipo	Efeito pepita (C0)	Contribuição (C0 + C1)	Alcance (a)	Alcance assintótico
1	exponencial	0.3091	0	11682.9200	34998.9
2	gaussiano	0.3091	0	35048.7500	60663.02
3	esférico	0.3091	0	50625.9700	50625.97

3.4 Krigagem

Após ajuste e validação do semivariograma, foi então executada a Krigagem ordinária, que gerou uma grade com valores estimados e uma imagem com 20 diferentes tons de cinza (Imagem 5).

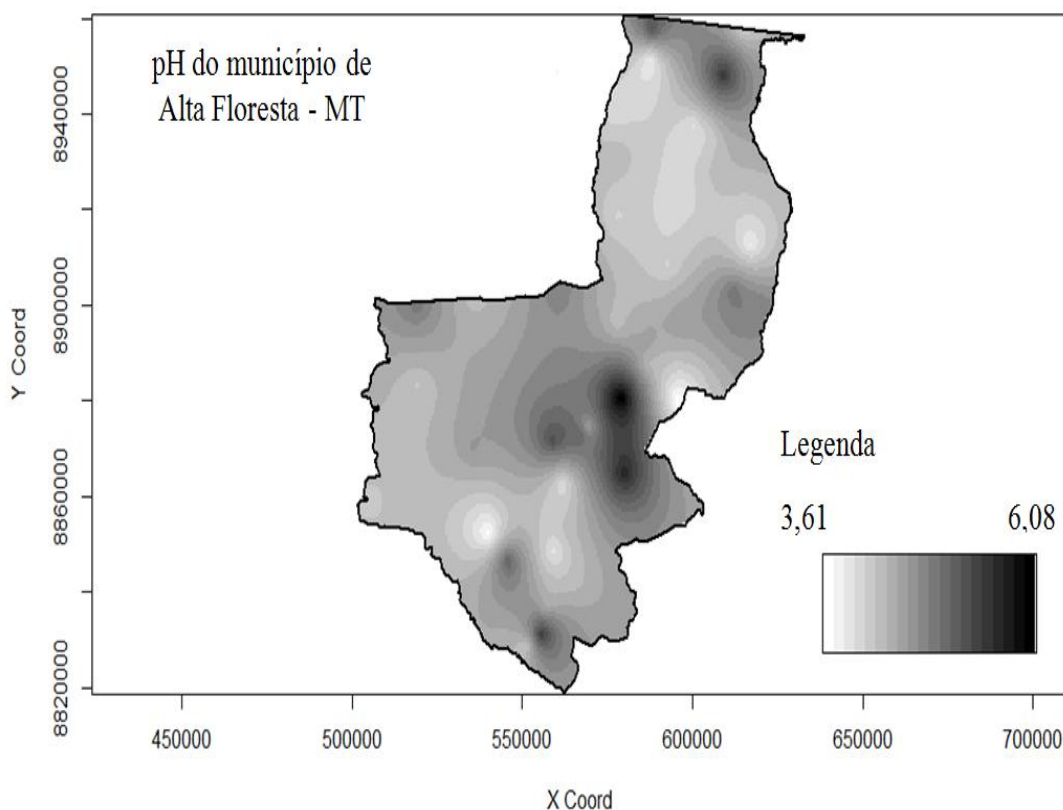


Imagem 5. Espacialização do pH, através de Krigagem, Alta Floresta – MT.

3.5 Geração de classes de distribuição do pH

Com base nos valores interpolados, foi realizado o fatiamento das classes (Imagem 6), reduzindo-as a apenas três, considerando-se os valores da Tabela 1, para a classificação de teores de acidez no solo. Dessa forma, valores menores que 5 correspondem a Fortemente ácido, valores entre 5 e 5,7 a Mediamente ácido e valores maiores que 5,7 a Fracamente ácido. A partir da classificação, constatou-se que o terreno, à profundidade de coleta das amostras em estudo (0 – 20 cm) possui 93,5% de sua área com alta acidez, 6,3 % com média acidez, e 0,2 % com baixa acidez, havendo necessidade de utilização de corretivos, de forma diferenciada.

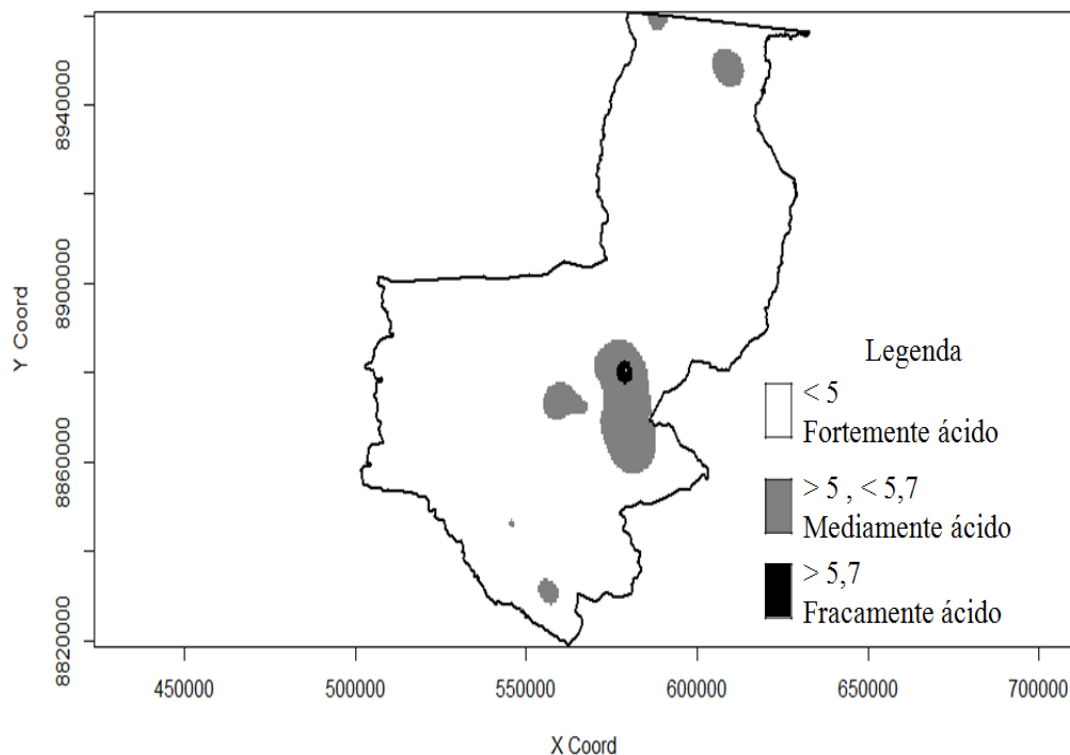


Imagem 6. Classes de acidez, Alta Floresta – MT.

Por fim recomenda-se que se aumente a quantidade de amostras, para uma predição com maior acurácia, permitindo avaliar a correlação com outros atributos do solo. Pois segundo IBGE (2007) para um levantamento generalizado (escalas ao redor de 1:1 000 000) - um perfil completo para cada 2 226km² (com variações entre 1: 4 502km² e 1:1 043km²), ou um perfil completo e um ponto de Amostra Extra para 1 305km² (com variações entre 1:2 378km² e 1:856km²).

4. Conclusões

Os métodos apresentados neste trabalho possibilitaram demonstrar a variação espacial do pH do solo, de modo a viabilizar análises geoestatísticas, que envolvem desde o estabelecimento da função semivariograma até a execução de interpolação espacial, Krigagem.

O mapeamento do atributo pH é de grande importância em atividades agrícolas de modo a orientar o uso de corretivos. No município estudado apresentou faixas que variam, de acordo com os critérios de referência utilizado, de fortemente ácido com 836065,00 ha, mediamente ácido com 56209,00 ha a fracamente ácidos com 1839,00 ha. Estes representam respectivamente 93,5 , 6,3 e 0,2 % da área do município.

5. Referências Bibliográficas

ALEIXO, Sany Spinola; SOUZA, José Gilberto de and FERRAUDO, Antonio Sergio. **Técnicas de análise multivariada na determinação de grupos homogêneos de produtores de leite.** *R. Bras. Zootec.* [online]. 2007, vol.36, n.6, suppl., pp. 2168-2175.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R., **Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos.** *In: Pesquisa Agropecuária Brasileira* Pesq. agropec. bras. vol.37, no.8, Brasília, Agosto, 2002.

CRESSIE, N. A. C. **Statistics for Spatial Data**. New York : Wiley. 1991.

HAAG, H. P.; DECHEM, A. R. **Eficiências Minerais em Plantas Forrageiras**. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de (Ed). Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, 1986. p.51-71.

IBGE - INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recursos Naturais e Meio Ambiente: uma visão do Brasil**. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2ª de. Rio de Janeiro – RJ: IBGE, 1997.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2006. Disponível em <www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartogramas/relevo.html>. Acesso em 08 Nov. 2012.

IBGE - INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro – RJ. 2ª edição 2007. ISBN 978-85-240-3722-9 (meio impresso).

JAKOB, A. A. E. A krigagem como método de análise de dados demográficos. In: XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, realizado em Ouro Preto, MG. 4 a 8 de novembro de 2002. **Anais...** Disponível em : <http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2002/GT_SAU_ST3_Jakob_texto.pdf > Acesso em: 15/11/20012.

PROJETO RADAMBRASIL. **Aspectos físicos: Relevo, Cobertura Vegetal, Hidrografia e solos** . Folha – 21, Juruena. Rio de Janeiro, 1980. (Levantamento de Recursos Naturais, v.20).

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. **Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar**. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.6, p.1763-1771, 2004.