

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 13/11/2016.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**SIMULAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DOS SOLOS DA SUB-
BACIA DO RIO PARDO – SP POR MEIO DE GEOESTATÍSTICA
MULTIVARIADA**

FÁBIO ÁVILA NOSSACK

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp – Câmpus de
Botucatu, para a obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Irrigação e
Drenagem)

BOTUCATU - SP
Maio - 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**SIMULAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DOS SOLOS DA SUB-
BACIA DO RIO PARDO – SP POR MEIO DE GEOESTATÍSTICA
MULTIVARIADA**

FÁBIO ÁVILA NOSSACK

ORIENTADORA: Profa. Dra. Célia Regina Lopes Zimback
COORIENTADORA: Profa. Dra. Alessandra Fagioli da Silva

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp – Câmpus de
Botucatu, para a obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Irrigação e
Drenagem)

BOTUCATU - SP
Maio – 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

N897s Nossack, Fábio Ávila, 1985-
Simulação da condutividade hidráulica dos solos da sub-bacia do Rio Pardo - SP por meio de geoestatística multivariada / Fábio Ávila Nossack. - Botucatu : [s.n.], 2016
x, 92 f. : grafs. color., ils. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016
Orientador: Célia Regina Lopes Zimback
Coorientador: Alessandra Fagioli da Silva
Inclui bibliografia

1. Análise multivariada. 2. Análise espacial. 3. Simulação por computador. 4. Solos - Permeabilidade. I. Zimback, Célia Regina Lopes. II. Silva, Alessandra Fagioli da. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: SIMULAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DOS SOLOS A SUB-BACIA
DO RIO PARDO-SP POR MEIO DE GEOESTATÍSTICA MULTIVARIADA

AUTOR: FABIO AVILA NOSSACK
ORIENTADORA: CÉLIA REGINA LOPES ZIMBACK
CO-ORIENTADORA: ALESSANDRA FAGIOLI DA SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA
(IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. CÉLIA REGINA LOPES ZIMBACK
Depto de Solos e Recursos Ambientais / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. PAULO MILTON BARBOSA LANDIM
Depto de Solos e Recursos Ambientais / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


PROFESSOR DOUTOR ANA PAULA BARBOSA
Depto de Biosistemas / ESALQ - Escola Superior de Agricultura/ USP


Prof. Dr. ANDERSON ANTONIO DA CONCEIÇÃO SARTORI
Depto Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas / Universidade do Sagrado Coração


Prof. Dr. ANTONIO RIBEIRO DA CUNHA
Depto de Solos e Recursos Ambientais / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Botucatu, 13 de maio de 2016.

“O espírito só escuta quando quem fala o faz por gestos. E gestos não querem dizer sinais ou movimentos do corpo, mas atos de verdadeiro abandono, atos de liberação, de humor. Com um gesto para o espírito, os guerreiros expõem o melhor de si mesmos e silenciosamente o oferecem ao infinito.”

C. Castaneda

DEDICO

À minha família, minha mãe, Ana Rita de Oliveira Ávila Nossack, meu pai, Geraldo Eugênio Nossack, pelo apoio incondicional, que fizeram possível tomar meus caminhos com coração e liberdade. À minha avó querida, Rita Ferreira de Oliveira, meu exemplo de caráter e de amor, que me dá força e luz com suas orações, com seu jeito doce e paciente de viver e de encarar os desafios da vida. À minha Irmã querida, Ana Frieda Ávila Nossack, meu cunhado André Orlandi e meu sobrinho, Noel Orlandi Nossack, que tenham uma vida longa para que possamos brindar à nossa vida e que me dêem mais sobrinhos tão lindos como este. À minha amada, Geórgia Leal César de Albuquerque, que me deu e me dá tanto apoio, nas horas duras e nas horas de alegria, que me ajudou muito em me manter firme no propósito e na luta. Enfim aos meus amigos, que são tantos e espalhados por este grande mundo e que fazem sua parte para conseguirmos um lugar melhor para vivermos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, Célia Regina Lopes Zimback, por ter acreditado em minha capacidade, por ter tido paciência comigo (e como teve), por me guiar com sabedoria e eficiência, por sua amizade, honradez e por ter me dado a oportunidade de continuar por este caminho, neste lugar maravilhoso, com estas pessoas maravilhosas.

À minha co-orientadora Alessandra Fagioli da Silva, por seu apoio, mesmo que à distância, me ajudando nos momentos de complexidade e me transmitindo seus conhecimentos de forma tranquila e agradável.

Aos meus colegas do GEPAG, especialmente aos Professores Luiz Gustavo Frediani Lessa, Anderson Antônio da Conceição Sartori, Ana Paula Barbosa Gady, Antônio Ribeiro da Cunha, Paulo Milton Barbosa Landim, que contribuíram imensamente para o meu trabalho e meu aprendizado, aos demais membros do grupo, Diego Augusto de Campos Moraes pelo seu apoio no aprendizado das técnicas geoestatísticas multivariadas, Donizeti Aparecido Pastori Nicolete por ter gentilmente compartilhado sua base de dados para que pudesse complementar meu trabalho e aos demais membros do grupo que são tantos e que não caberiam nesta página se fosse apontar cada momento em que me ajudaram e me fizeram feliz.

À Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, por ter me recebido de braços abertos desde 2004, após cada etapa, na minha graduação, mestrado e doutorado, tornando-se praticamente meu segundo lar, onde adquiri tanto conhecimento e me tornei um profissional preparado para os desafios que estão no porvir.

Ao programa de pós-graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem), em especial aos Professores Roberto Lyra Villas Bôas, João Carlos Cury Saad e Rodrigo Máximo Sánchez Román pelo apoio, pela experiência que me passaram e pela oportunidade de ter realizado o mestrado e o doutorado, agradeço de coração.

Aos meus grandes amigos Paulo, Lorenzo, Rafael, Davi, Carlos Henrique, Lessa, pessoal de Minas Gerais. Aos amigos de Botucatu: Zé, Jodo, Baio, Filó, Perna, Ponto, Curis, Tripa, Deja, Alambike, Kutuco, Mirna, Bocó, Córís, Bárbara, Renato, Tiago Pardinho, Ramon, turma da XVII Florestal e toda a galera da faculdade que sempre foi unida e curtiu tanta festa e alegria juntos, se hoje sou feliz, muito devo à vocês também!!

À todas as pessoas que de alguma forma passaram por minha vida nesta fase e de certa forma também contribuíram para esta conquista!!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA	8
4.1 Condutividade hidráulica e infiltração da água no solo	8
4.2 Análise de Componentes Principais	15
4.3 Geoestatística	18
4.3.1 Geoestatística Multivariada	22
4.3.1.1 Variograma cruzado	23
4.3.1.2 Co-krigagem	25
4.3.2 Simulação estocástica e modelagem da incerteza	26
4.3.2.1 Simulação e co-simulação sequencial direta	28
4.3.3 Validação dos variogramas	30
5 MATERIAL E MÉTODOS	34
5.1 Caracterização da área de estudo	34
5.1.1 Localização geográfica	34
5.1.2 Clima	36
5.1.3 Vegetação	36
5.1.4 Relevo	36
5.1.5 Geologia	39
5.1.6 Solos	39
5.2 Metodologia	41
5.2.1 Amostragem de solo	41
5.2.2 Imagem de satélite	42

5.2.3 Material cartográfico	42
5.2.4 Programas utilizados	42
5.2.5 Obtenção dos planos de informação (PIs)	43
5.2.6 Análise Geoestatística Multivariada	44
5.2.7 Mapeamento zonas de infiltração de água no solo	45
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
6.1 Confeção do banco de dados	46
6.2 Análise Multivariada	48
6.2.1 Análise de Componentes Principais (ACP)	48
6.2.2 Ajuste dos variogramas	54
6.2.3 Validação do ajuste dos variogramas	58
6.3 Simulação dos dados	60
6.3.1 Simulação sequencial direta	61
6.3.2 Co-simulação sequencial direta	67
6.4 Zonas de manejo para agricultura irrigada	70
7 CONCLUSÕES	73
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação dos solos de acordo com a sua condutividade hidráulica saturada.	14
Tabela 2. Estatística descritiva dos parâmetros físicos dos Solos.	48
Tabela 3. Matriz de correlação de Pearson para os dados analisados na camada Superficial.	51
Tabela 4. Autovalores das Componentes Principais e o quanto explicam da Variabilidade dos dados na camada superficial (0 – 20cm).	51
Tabela 5. Matriz de correlação de Pearson para os dados analisados na camada sub-superficial	52
Tabela 6. Autovalores das Componentes Principais e o quanto explicam da variabilidade dos dados na camada sub-superficial (20 – 40cm).	52
Tabela 7. Estatística da validação para os variogramas ajustados.	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Função da condutividade hidráulica para condição saturada em solo arenoso e argiloso.	14
Figura 2. Sistema de coordenadas X_1 e X_2 , novo sistema Y_1 e Y_2 , ângulos de rotação dos novos eixos e autovalores.	16
Figura 3. a) Correlação entre as variáveis e as Componentes Principais (CP). b) Escores nas duas primeiras CP. c) Biplot.	17
Figura 4. Componentes do variograma.	20
Figura 5. Direções utilizadas para verificação de isotropia e anisotropia na Geoestatística.	22
Figura 6. Mapa de localização da área de estudo na cabeceira do Rio Pardo.	35
Figura 7. Altimetria da cabeceira do Rio Pardo e distribuição amostral do levantamento de solos utilizado.	38
Figura 8. Mapa de solos semi-detalhado adaptado de Zimback (1997) com os pontos amostrais utilizados no levantamento.	40
Figura 9. Mapa descrevendo as áreas aptas e não aptas à agricultura irrigada na sub-bacia da cabeceira do Rio Pardo.	47
Figura 10. Autovetores para os dados analisados da camada superficial considerando F1 e F2.	53
Figura 11. Autovetores para os dados analisados da camada sub-superficial considerando F1 e F2.	54
Figura 12. Variogramas ajustados ao modelo esférico, com mesmo valor para o alcance, das variáveis da camada superficial.	55
Figura 13. Variogramas cruzados ajustados ao modelo esférico, com mesmo valor para o alcance, nas variáveis amostradas na superfície do solo.	56
Figura 14. Variogramas ajustados ao modelo esférico, com mesmo valor para o alcance, das variáveis da camada sub-superficial.	57
Figura 15. Variogramas cruzados ajustados ao modelo esférico, com mesmo valor para o alcance, nas variáveis amostradas na superfície do solo.	58
Figura 16. Desvio-padrão máximo para cada conjunto de simulações realizadas: 20, 50, 70 e 100.	60

Figura 17. Resultados nº 12,29,35 e 48 da SSD realizada para a variável K superficial.	62
Figura 18. Resultado da média das 50 SSD de K Superficial, realizado pelo pós-processamento.	63
Figura 19. Resultados nº 6,23,38 e 40 da SSD realizada para a variável K sub-superficial.	65
Figura 20. Resultado da média das 50 SSD de K Sub-superficial, realizado pelo pós-processamento.	66
Figura 21. Resultados nº 5,19,25 e 32 da CoSSD realizada para a covariável MP superficial.	68
Figura 22. Resultado da média das 50 CoSSD de MP superficial, realizado pelo pós-processamento.	69
Figura 23. Zonas de manejo para a agricultura irrigada para a sub-bacia da cabeceira do Rio Pardo.	71

1 RESUMO

Os solos possuem alta variabilidade espacial devido aos diversos processos físicos, químicos e biológicos que atuam simultaneamente com diferentes intensidades na sua formação. O manejo uniforme dos solos não leva em conta tal variabilidade espacial, não sendo, portanto, a estratégia de manejo mais adequada. O uso do geoprocessamento, como ferramenta para o estudo da heterogeneidade dos solos, proporciona uma análise comportamental e uma visão espacial da realidade. Os fenômenos naturais são mais facilmente entendidos quando é possível a visualização da sua distribuição espacial e/ou temporal. Algumas das ferramentas que podem ser aplicadas para entender essas estruturas são os modelos geoestatísticos, em especial os modelos de simulação. Pela tentativa de reproduzir os mecanismos da realidade, esses modelos podem mostrar as características do solo em diferentes cenários ambientais. Pelos resultados das análises dos parâmetros físico hídricos da Sub-bacia da Cabeceira do Rio Pardo – SP, pode-se concluir: Os parâmetros que apresentaram maior variabilidade, correlação entre si e dependência espacial foram: teor de argila, umidade na capacidade de campo, umidade no ponto de murcha permanente e macroporosidade, que influenciam na condutividade hidráulica dos solos. A simulação sequencial direta de condutividade apresentou alto erro médio, o que indica o enviesamento dos dados e que o maior valor pode estar relacionado à pequena densidade amostral da área. A macroporosidade apresentou o melhor resultado e foi a covariável utilizada na

determinação das zonas de manejo. Foi verificada a viabilidade de utilização de covariáveis na determinação da condutividade hidráulica dos solos, o que acarreta em menor custo de amostragem geral para grandes áreas; constatou-se que 22,40 % da área são inaptas para a agricultura irrigada, 61,15% das áreas da sub-bacia são aptas e apresentaram classe média de permeabilidade e 16,45% das áreas também aptas apresentaram classe baixa. Foi comprovada a hipótese de que a simulação e co-simulação sequencial direta em ambiente multivariado descreveu o comportamento da permeabilidade dos solos na sub-bacia.

Palavras-chave: Análise Multivariada, Análise Espacial, Simulação Sequencial Direta, Condutividade Hidráulica.

HYDRAULIC CONDUCTIVITY SIMULATION IN SOILS OF PARDO RIVER SUB-BASIN – SP USING MULTIVARIATE GEOESTATISTICS.

Author: Fábio Ávila Nossack

Advisor: Célia Regina Lopes Zimback

Co-Advisor: Alessandra Fagioli da Silva

2 SUMMARY

The soils have highly spatial variability due to various physical, chemical and biological processes that act simultaneously in their formation and with different intensities. Consequently, the uniform land management does not take into account such spatial variation, not being therefore more effective management strategy. The use of the GIS, as a tool for studying the dynamics of the soil, provides a behavioral analysis of spatial view and a soil reality. Natural phenomena are more easily understood when viewing the spatial distribution and/or time is possible. Some of the tools that can be applied to understand this dynamic are the geostatistical models, especially the simulation models. By trying to reproduce the mechanisms of fact, these models can show the soil behavior under different environmental scenarios. The results of the analysis of water physical parameters of the Sub-basin Headboard of Pardo River- SP, it can be concluded: The parameters that have greater variability, correlated and spatial dependence were clay content, humidity in the field capacity, moisture in point permanent wilting and macroporosity, that influence the hydraulic conductivity of the soil; direct sequential simulation of conductivity showed high mean error, indicating the bias of the data and

that the greatest value may be related to the small sample density of the area; the macroporosity have had the best results and was the co-factor chosen in the determination of management zones; it was verified the viability of the use of covariates in determining the hydraulic conductivity of the soil, resulting in lower overall cost for large sample areas; it was found that 22.4% of the area are unfit for irrigated agriculture, 61.15% of the areas of the sub-basin are suitable and showed middle permeability class and 16.45% of suitable areas also showed low class; the hypothesis that the simulation and co-simulation sequential directly, multivariable environment described the soil permeability behavior in sub-basin has been proven.

Keywords: Multivariate analysis, Spatial analysis , Direct Sequential Simulation , Hydraulic Conductivity.

7 CONCLUSÕES

Pelos resultados das análises dos parâmetros físico hídricos da Sub-bacia da Cabeceira do Rio Pardo – SP, pôde-se concluir:

- Os parâmetros que apresentaram maior variabilidade, correlação entre si e dependência espacial foram: teor de argila, umidade na capacidade de campo, umidade no ponto de murcha permanente e macroporosidade, que influenciam na condutividade hidráulica dos solos.
- A Simulação sequencial direta de Condutividade apresentou alto Erro médio, o que indica o enviesamento dos dados e que o maior valor pode estar relacionado à pequena densidade amostral da área.
- A macroporosidade apresentou o melhor resultado e foi a covariável utilizada na determinação das zonas de manejo;
- Foi verificada a viabilidade de utilização de covariáveis na determinação da Condutividade Hidráulica dos solos, o que acarreta em menor custo de amostragem geral para grandes áreas;
- Constatou-se que 22,4 % da área são inaptas para a agricultura irrigada, 61,15% das áreas da sub-bacia são aptas e apresentaram classe média de permeabilidade e 16,45% das áreas também aptas apresentaram classe baixa;

- Foi comprovada a hipótese de que a Simulação e Co-simulação Sequencial direta, em ambiente multivariado descreveu o comportamento da permeabilidade dos solos na Sub-bacia.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUFIRASSI, M., MARIÑO, M. A. Cokriging of aquifer transmissivities from field measurements of transmissivity and specific capacity. **Mathematical Geology**, v. 16, n. 1, p. 19-35, 1984.

AHMED, S., MARSILY, G. **Some Applications of Multivariate Kriging in Ground Water Hydrology**. Sciences de la Terre, 1987.

ALMEIDA, F. F. M. Perfil geológico do Estado. **Boletim de Geologia do Estado de São Paulo**, São Paulo, n. 41, p. 254-262, 1964.

ALVARENGA, M.I.N.; DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:933-942, 1999.

ARAÚJO JUNIOR, A. A. **Diagnóstico físico conservacionista de 10 microbacias do Rio Capivara – Botucatu (SP), visando a ocupação racional do solo**. 2001. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

BEAUCHEMIN, S.; HESTERBERG, D.; BEAUCHEMIN, M. Principal component analysis approach for modeling sulfur K-XANES spectra of humic acids. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 66, p. 83-91, 2002.

BENEDUZI, A. et al. Evaluation of genetic diversity and plant growth promoting activities of nitrogen-fixing bacilli isolated from rice fields in South Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 39, n. 3, p. 311-320, 2008.

BERETTA, F. S.; COSTA, J. F. C. L.; KOPPE, J. C. Redução da variabilidade da qualidade do carvão com otimização do tamanho de pilhas de homogeneização. Rem: **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.64, n.1, p. 85-90, 2011.

BEVEN, K.J. **Rainfall-Runoff Modelling**. Wiley. 2002

BICKNELL, B.R, IMHOFF, J.C., KITTLE, J.L. **Hydrological Simulation Program-FORTRAN (HSPF)**: User's Manual for Release 12.2. Environmental Protection Agency, Washington, 1984.

BOURENNANE, H.; KING, D.; COUTURIER, A.; NICOUILLAUD, B.; MARY, B.; RICHARD, G. Un- certainty assessment of soil water content spatial patterns using geostatistical simulations: an empirical comparison of a simulation accounting for single attribute and a simulation accounting for secondary in- formation. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 205, n. 3-4, p. 323–335, 2007.

BOURGALT, G.; MARCOTTE, D. Multivariate Variogram and its Application to the Linear Model of Correogionalization, **Mathematical Geology**, v. 23, n. 7, p. 899-928, 1991.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Brasília, DF, 1960. 634 p. (Boletim técnico, 12).

BUCKINGHAM, E. 1907. **Studies on the movement of soil moisture. Bulletin 38. USDA Bureau of Soils**, Washington, DC. 1907.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Princípios básicos em geoprocessamento**. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistema de informações geográficas, 2. ed., Brasília, DF: Embrapa, 1998. cap. 1. p. 3-12.

CARDELLINI, C.; CHIODINI, G.; FRONDINI, F. Application of stochastic simulation to CO₂ flux from soil: mapping and quantification of gas release. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 108, n. B9, p. 3-13, 2003.

CARRINO, T.A. **Geotecnologias aplicadas ao reconhecimento de áreas chaves à exploração aurífera na Província Mineral do Tapajós**. 2010. 192 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade de Brasília, DF- Brasília, 2010.

CARVALHO, C.G.P.; ARIAS, C.A.A.; TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; OLIVEIRA, M.F.; HIROMOTO, D.M. & TAKEDA, C. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p187-193, 2003.

CARVALHO, W. A. **Relações entre relevo e solo da bacia do Rio Capivara município de Botucatu – SP**. 1981. 181 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1981.

CARVALHO, W. A.; JIM, J. **Áreas de proteção ambiental**: região da “Serra de Botucatu” e região da “Serra de Fartura”. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas; Instituto Básico de Biologia, 1983. 47 p.

CASTRIGNANÒ, A.; GIUGLIARINI, L.; RISALITI, R.; MARTINELLI, N. Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 97, p. 39-60, 2000.

CATEN, A. T. **Aplicação de Componentes Principais e Regressões Logísticas Múltiplas Em Sistema de Informações Geográficas para a Predição e o Mapeamento Digital de Solos**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria. 2008.

CERENA, Centro de Recursos Naturais e Ambiente, **GeoMS - Geostatistical Modelling Software**, 2000.

CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; VOLKOFF, B.; VICTORIA, R. L.; MELILLO, J. M.; PAUSTIAN, K.; CERRI, C. C. Assessment of soil property spatial variation in an Amazon pasture: basis for selecting an agronomic experimental area. **Geoderma**, v. 123, p. 51-68, 2004.

CHAI, X.; HUANG, Y.; YUAN, X. Accuracy and uncertainty of spatial patterns of soil organic matter. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Singapore, v. 50, n. 5, p. 1141–1148, 2007.

CHEN; L.; YOUNG; B., Green-Ampt infiltration model for sloping surfaces. **Water Resources Research**, Vol. 42, W07420, doi:10.1029/2005WR004468, 2006.

CHENG, Q.; CHEN, Xi.; CHEN, X.; ZHANG, Z.; LING, M. Water Infiltration Underneath Single-Ring Permeameters And Hydraulic Conductivity Determination. **Journal of Hydrology**, 398. P. 135-143. 2011.

CHERUBIN, M.R.; SANTI, A.L.; BASSO, C.J.; EITELWEIN, M.T.; VIAN, A.L. Caracterização e estratégias de manejo da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo utilizando a análise dos componentes principais. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, p.196-210, 2011.

CHILÈS J.P.; DELFINER, P. **Geostatistics: Modeling spatial uncertainty**. New York: Wiley-Interscience Publication, Wiley Series in Probability and Statistics. 695 P. 1999.

CHIRICO, G.B.; MEDINA, H.; ROMANO, N. Uncertainty in predicting soil hydraulic properties at the hillslope scale with indirect methods. **Journal of Hydrology**, Orlando, v. 334, n. 3-4, p. 405–422, 2007.

CHOW, V.T., MAIDMENT, D., MAYES, L. W. **Applied Hydrology**. McGraw Hill. 1988.

CMRP. **GeoMS - Geostatistical Modeling Software**. v. 1.0. Lisboa: IST, 2000.

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Paulo: UNESP, 2001. 141 p.

CORRADINI, C.; MELONE, F.; SMITH, R. E. A unified model for Infiltration and redistribution during complex rainfall patterns. **Journal Hydro.**, Amsterdam, 192, p. 104–124. 1997.

CORREIA, J.R. **Uso de Técnicas Multivariadas no Estudo das Inter Relações de Características do Solo e a Produtividade Do Eucalipto**. 1993. 110 p. Dissertação (Mestrado) - Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1993.

COSTA, J.F.C.L. **Developments in recoverable reserves and ore body modeling**. 1997. 333 f. (PhD Thesis) - Austrália: WH Bryan Mining Geology Research Centre, The University of Queensland, 1997.

CUNHA, A. R. da; MARTINS, D. Classificação Climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11. Janeiro-Março, 2009.

DARCY, H. Determination of The Laws of Water Flow Through Sand. In: **The Public Fountains of The City of Dijon**. Victor Dalmont, Paris, 1856. Disponível em: <<http://biosystems.okstate.edu/darcy/index.htm>>. Acesso em: abr. 2015.

DEMÉTRIO, C.G.B. **Análise multidimensional para dados de cana-de-açúcar**. 2002. 126p. Tese (Doutorado) - Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2002.

DEUTSCH, C.V.; JOURNEL, A.G. **GSLIB: Geostatistical Software Library: and User's Guide**, second ed. Oxford University Press, New York, NY, 1998, 369 p.

DIAS, C. O. **Determinação da Condutividade Hidráulica de Solos não Saturados**. 2012. 236p. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

NICOLETE, D. A. P. **Áreas hidrologicamente homogêneas como subsídio ao manejo de bacias hidrográficas**. 2015. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de método de análises de solo**, Rio de Janeiro, 212 p. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília, Embrapa, 353 p. 2013.

ESRI. **ArcGIS. v. 10.0**. Redlands: Esri, 2010.

ESSIG, E. T., CORRADINI, C., MORBIDELLI, R., GOVINDARAJU, R. S.: Infiltration and deep flow over sloping surfaces: Comparison of numerical and experimental results. **Journal of Hydrology**, Amsterdã. 374, 30–42, 2009.

FADIGAS, F.S.; SOBRINHO, N.M.B.A.; MAZUR, N.; ANJOS, L.H.C. & FREIXO, A.A. **Concentrações naturais de metais pesados em algumas classes de solos brasileiros**. *Bragantia*, 61:151-159, 2002.

FELGUEIRAS, C. A. **Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: o paradigma geoestatístico por indicação**. 212p. São José dos Campos: INPE. 1999.

FIORI A.; ROMANELLI M.; CAVALLI D.J.; RUSSO D. Numerical experiments of streamflow generation in steep catchments. **Journal of Hydrology**. Amsterdã . 339, p. 183– 192 2007.

FOLLE, D. **O estudo geoestatístico de sondagens SPT para geração de mapas auxiliares em obras de engenharia**. 2002. 217 f. Dissertação (Mestre em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

GAMBIN, F. **Aperfeiçoamento da Estratégia de Homogeneização de Minérios Utilizando Simulação Geoestatística**. 2003. 96 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 96p. 2003.

GOMES, J.B.V.; CURI, N.; MOTTA, P.E.F.; KER, J.C.; MARQUES, J.J.G.S.M.; SCHULZE, D.G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.137-153, 2004.

GÓMEZ-HERNÁNDEZ, J. J.; WEN, X. H. **To be or not to be multi-gaussian ?**: a reflection on stochastic hydrogeology. *Advances in Water Resources* , v. 21, n. 1, 47-61, 1998.

GONÇALVES, A. D. M. de A.; LIBARDI, P. L. Análise da Determinação da Condutividade Hidráulica do Solo pelo Método do Perfil Instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n.1, p. 1174-1184, 2013.

GOOVAERTS, P. **Geostatistics for Natural Resources Evaluation**, vol. 1. Oxford Univ. Press, New York. (1997).

GOOVAERTS, P. Geostatistical modelling of uncertainty in soil science, **Geoderma**, 103, 3–26. 2001.

GOOVAERTS, P.; JOURNAL, A. G. Integrating soil map information in modelling the spatial variation of continuous soil properties. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v.46, p.397-414, 1995.

GOVINDARAJU, R.S.; MORBIDELLI, R.; CORRADINI C. Areal infiltration

modeling over soil with spatially-correlated hydraulic conductivities. **Journal of Hydrological Engineering**. 6: 150–158. 2001.

GUARASCIO, M. **Improving the Uranium Deposits Estimation** (The Novazza Case). M. Guarascio et al (eds.), *Advanced Geostatistics in the Mining Industry*, Nato ASI Series C24, Reidel, Dordrecht, pp. 351-367, 1976.

HENGL, T. **Pedometric mapping: bridging the gaps between conventional and pedometric approaches**. 2003, 236 f. Tese (Doutorado) - Wageningen University, Enschede. 2003.

HENGL, T.; ROSSITER, D. G. Supervised Landform Classification to Enhance and Replace Photo-Interpretation in Semi-Detailed Soil Survey. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 67, n. 6, p. 1810, 2003.

HENGL, T. et al. Methods to interpolate soil categorical variables from profile observations: Lessons from Iran. **Geoderma**, Amsterdam, v. 140, n. 4, p. 417-427, 2007.

HERBST, M.; PROLINGHEUER, N.; GRAF, A.; HUISMAN, J.A.; WEIHERMÜLLER, L.; VANDERBORGHT, J. Characterization and Understanding of Bare Soil Respiration Spatial Variability at Plot Scale. **Vadose Zone Journal**, Madison, v.8, n. 3, p. 762–771, 2009.

HILLEL, D. **Environmental Soil Physics**. San Diego: Academic Press, 1998.

HURTADO, A. L. B.; CICHOTA, R.; VAN LIER, Q. J. Parametrização do método do perfil instantâneo para a determinação da condutividade hidráulica do solo em experimentos com evaporação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 301-307, 2005.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981. 2 v. Escala 1:500.000.

ISAAKS, E. H. **The application of Monte Carlo methods to the analysis of spatially correlated data.** 1990. 213 p. Tese (PhD Thesis submitted to the Department of Applied Earth Sciences) - Stanford University, USA. 1990.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics.** New York: Oxford University Press, 1989.

JIM, A. S. **Geoprocessamento aplicado no diagnóstico físico-ambiental.** 2006. 109 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis.** New Jersey: Prentice-Hall, 1992. 642 p.

JOURNEL, A. G.; ALABERT, F. **Non-Gaussian Data Expansion in the Earth Sciences.** Terra Nova, 1, p. 123-134, 1989.

JOURNEL, A. G. **Modeling uncertainty:** some conceptual thoughts. In: Dimitrakopoulos, R. (Ed.), **Geostatistics for the Next Century.** Kluwer Academic Pub., Dordrecht, The Netherlands, p. 30–43, 1994.

KLUTE A., DIRKSEN, C. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. In: Klute, A. (ed) **Methods of soil analysis. I. Physical and mineralogical methods,** Madison: **American Society of Agronomy; Soil Science Society of America,** 1982. 2nd ed., p 687-734.

KOLTERMANN, C. E.; GORELICK, S. M. Heterogeneity in sedimentary deposits: a review of structure-imitating, process-imitating, and descriptive approaches. **Water Resources Research.** v. 32, n. 9, p. 2617-2658, 1996.

LAGACHERIE, P; VOLTZ, M. Predicting soil properties over a region using sample information from a mapped reference area and digital elevation data: a conditional probability approach. **Geoderma,** Amsterdam, v. 97, p. 187–208, 2000.

LAMBE, T.W.; WHITMAN, R.V. **Soil Mechanics**. Massachusetts Institute of Technology. John Wiley & Sons Inc. New York. 553 p. 1969.

LANDIM, P.M.B. **Análise Estatística de Dados Geológicos Multivariados**. São Paulo. Oficina de Textos, 208 p. 2011.

LANDIM, P.M.B.; STURARO, J.R.; MONTEIRO, R. C. **Exemplos de aplicação da cokrigagem**. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 09, 17 pp. 2002. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>

LEPSCH, I. F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4a aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 175 p.1991.

LESSA, L. G. F. **Simulação da Produção de Sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo - Botucatu / Sp, Por Modelagem Hidrológica**. 2011. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2011.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2.ed. Piracicaba : O autor, 1999. 497p.

MAGRI, E. J. Calculations of Grade and Tonnage for two co - products from a projected South African Gold Mine. J. S. Afr. Inst. Min. Metal., Mar. 1982.

MARK, R; JEFFREY, G.; ALAA, A. **Integrated Hydrologic Model (IHM): Theory Manual**, vol. I. Tampa Bay Water and Southwest Florida Water Management District, Florida. 2004.

MARKSTROM, S.L., NISWONGER R.G., REGAN, R.S. **GSFLOW—Coupled Ground- water and Surface-water Flow Model Based on the Integration of the Precipitation-runoff Modeling System (PRMS) and the Modular Ground-Water Flow Model (MODFLOW-2005)**. USGS, Reston, VA. 2008.

MARSILY, G. de *et al.* Some current methods to represent the heterogeneity of natural media in hydrogeology. **Hydrogeology Journal**, v. 6, p. 115-130, 1998.

MARQUES, E. A. R. **Caracterização de Reservatórios Petrolíferos: Análise comparativa de dois métodos para a caracterização de propriedades de um reservatório petrolífero**. 2011. 88p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa. 2011.

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, El Paso, v. 58, p. 1246- 1266, 1963.

MATHERON, G. **The theory of regionalized variables and its applications**. Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau. Fontainebleau: Ecole des Mines de Paris, Fascicule 5, 1971. 211 p.

MCCARTNEY, J.S. e PARKS, J. **Uncertainty in predicted hydraulic conductivity functions of unsaturated soils. 17th ICSMGE Conference**. Alexandria, Egypt , 2009.

MEIN, R.G.; LARSON, C.L. Modeling infiltration during a steady rain. **Water Resources Research**. 9:384-94, 1973.

MOITA NETO, J.M.; MOITA, G.C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, v.21, p.467-469, 1998.

MONTEIRO, R. C. **Estimativa espaço-temporal da superfície potenciométrica do sistema aquífero guarani na cidade de Ribeirão Preto (SP), Brasil**. 2003. 233 f. Tese (Doutor em Engenharia Geológica) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

MONTES, F.; HERNÁNDEZ, J. M.; CAÑELLAS, ISABEL. A geostatistical approach to cork production sampling estimation in Quercus suber forests. **Canadian Journal of Forest Research**, vol.35, p.2787-2796, 2005.

MONTGOMERY, D.R.; Dietrich, W.E. Runoff Generation in a steep, soilmantled landscape. **Water Resources Research**. 38(9), p. 1168. 2002.

MOURA, C.V.A. Aplicação de tratamento estatístico multivariado em dados geoquímicos de solo no mapeamento geológico na província de Carajás. **Revista Brasileira de Geociências**. 15:241-248, 1985.

MYERS, D. **Co-Kriging, New Developments, Geostatistics for Natural Resources Characterization**, Verly et al., Eds., v.1, Reidel Dordrecht, pp. 295-305, 1984.

NAIDU, R.; BOLAN, N.S.; KOOKANA, R.S.; TILLER, K.G. Ionic-strength and pH effects on the sorption of cadmium and the surface charge of soils. **European Journal Soil Science**. 45:419-429, 1994.

NIMMO, J. R.; LANDA, E. R. The Soil Physics Contributions of Edgar Buckingham. **Soil Science Society Am. Journal** 2005, 69:328–342.

NOGARA NETO, F.; ROLOFF, G.; DIECKOW, J.; MOTTA, A.C.V. Atributos de solo e cultura espacialmente distribuídos relacionados ao rendimento do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1025-1036, 2011.

ODEH, I. O. A.; CHITTLEBOROUGH, D. J.; MCBRATNEY, A. B. Elucidation of soil- landform interrelationships by canonical ordination analysis. **Geoderma**, Amsterdam, v. 49, p. 1-32, 1991.

OLIVEIRA, G. S. **Integração da Modelagem Geostatística com o Processo de Ajuste de Histórico: Método Global e Regional**. (Dissertação Mestrado). Instituto Técnico de Lisboa. 2014.

OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M. & CRUZ, C.D. Importância relativa dos metais pesados do solo na identificação e separação de materiais de origem. **Revista Ceres**. 45:359-371, 1998.

OVALLES, F. A.; COLLINS, M. E. Variability of northwest Florida soils by principal component analysis. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 52, p. 1430-1435, 1988.

PAYE, H. de S.; DE MELLO, J. W. V.; DE MELO, S. B. Métodos de análise multivariada no estabelecimento de valores de referência de qualidade para elementos-traço em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.36 no.3 Viçosa. 2012.

PERONI, R. L. **Análise da sensibilidade do sequenciamento de lavra em função da incerteza do modelo geológico**. 2002. 143 f. Tese (Doutor em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais,) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

PETRI, S; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1983. 631 p.

PHILIP, J.R. Horizontal redistribution with capillary hysteresis. **Water Resources Research**. 27(7), p. 1459-1469. 1991.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba, Nobel, 1990. 468p.

PINTO, C.S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 2.ed., São Paulo, Oficina de textos, 355 p. 2002.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu – SP**. 2002. 122f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, 2004.

POESEN, J. The Influence of Slope Angle on Infiltration Rate and Hortonian Overland Flow Volume. **Zeitschrift fur Geomorphologie N.F.** 49, p. 117-131. 1984.

POPPI, R. J.; SENA, M. M. D. Métodos quimiométricos na análise integrada de dados. In: R. T. S. Frighetto P. J. Valarini (Ed.). **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**: manual técnico. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000, p. 198.

RAIJ, R. B.; QUAGGIO, J. A., CANTARELLA, H. et al. **Análise Química do Solo para fins de Fertilidade**. Ed. Fundação Cargill, Campinas, 1987.

REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E. In situ measurement of field saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the α -parameter using the Guelph permeameter. **Soil Science**, v.140, n° 4, 1985. p. 292– 302.

RIBEIRO, L. T., MUGE, F. H. **A Geostatistical Approach to the Modelling of a Piezometric Field**. M. Armstrong (ed.), Geostatistics, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 651-660, 1989.

SARTORI, A. A. C. **Análise multicritérios na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SARTORI, A. A. C. **Geoestatística Multivariada na Delimitação de Zonas de Manejo na Cultura de Cana-De-Açúcar**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2015.

SANTI, A.L.; AMADO, T.J.C.; SILVA, V.R. da; BASSO, C.J.; DELLA FLORA, L.P.; CHERUBIN, M.R.; EITELWEIN, M.T. Infiltração de água no solo, determinada por diferentes métodos, como indicador do potencial produtivo em dois Latossolos manejados com agricultura de precisão. **Interciencia**, v.37, p.204-208, 2012.

SAMPER, F. J.; CARRERA, J. **Geoestatística, Aplicaciones a la Hidrogeología Subterránea**, Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona, 1990.

SHARMA, K.; SINGH, H.; PAREEK, O. Rain water infiltration into a bar loamy sand, **Hydrological Science. Journal.**, 28, 417–424. 1983.

SILVA, A. F.; ZIMBACK, C. R. L.; OLIVEIRA, R. B. **Cokrigagem na Estimativa da Evapotranspiração em Campinas (Sp)**. Tékhnē e Lógos, Botucatu, SP, v.2, n.1, out. 2010.

SILVA, A. F. **Análise Multivariada de Dados Espaciais na Classificação Interpretativa de Solos**. 2014. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2014.

SILVA, S. de A.; LIMA, J.S. de S.; XAVIER, A.C.; TEIXEIRA, M.M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico cultivado com café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.15-22, 2010.

SMITH, R. E.; GOODRICH, D. C. Model for rainfall excess patterns on randomly heterogeneous areas. **Journal of Hydrologic Engineering**, ASCE, 5(4):355-362. 2000.

SMITH, R. E.; PARLANGE J. Y. A parameter-efficient hydrologic infiltration model, **Water Resources Research**. 14, p. 533-538, 1978.

SRIVASTAVA, R. M. Geostatistics: A toolkit for data analysis, spatial prediction and risk management in the coal industry. **International Journal of Coal Geology** 112 (2013) 2–13. Toronto, Canadá. 2013.

SOARES, A. Sequential direct simulation and co-simulation. **Mathematical Geology**, New York, v. 33, n. 8, p. 911-926, 2001.

SOARES, A. **Geoestatística para ciências da terra e do ambiente**. 2.ed. Lisboa, IST Press, 2006. 214p.

SOUSA, A. J. **Análise de Dados e Geoestatística Multivariada. Aplicação à tipologia de minérios**. Tese, IST, Lisboa, 1988.

SOUSA, A. J. **Geoestatística Multivariada**. Laboratório de Mineralurgia e Planeamento Mineiro. 1989, 12 p.

SOUSA, A. J. Geostatistical data analysis: an application to ore typologie. M. Armstrong (ed.), **Geostatistics**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 851-860, 1989.

STRAPASSON, E.; VENCovsky, R. & BATISTA, L.A.R. Seleção de descritores na caracterização de germoplasma de *Paspalum* sp. por meio de componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 29:373-381, 2000.

TEIXEIRA, D. B.; BICALHO, E. S.; PANOSSO, A. R.; PERILLO, L. I.; IAMAGUTI, J. L.; PEREIRA, G. T.; SCALA JÚNIOR, N. L. **Krigagem Ordinária e Simulação Sequencial Gaussiana na Interpolação da Emissão de Co₂ do Solo**. Revista Energia na Agricultura. Vol. 26, n.3, p.26-42. Botucatu. 2011.

TORNERO, M. T. **Fotointerpretação da cobertura vegetal e da rede de drenagem da bacia experimental do Rio Pardo, no período de 15 anos**. 1996. 129 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

VIEIRA, S.R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial**. Campinas: IAC, 1998.

VIEIRA, C. A. O. **Accuracy of remotely sensing classification of agricultural crops: a comparative study**. 327 f. Thesis (Doctor of Philosophy in Physical Geography) - University of Nottingham, Nottingham. 2000.

VIEIRA, G. B. **Santa Cruz do Rio Pardo**: histórico do Rio Pardo. Disponível em: <<http://www.riopardosantacruz.com.br/historia.php>>. Acesso em: 13 maio 2010.

VITHARANA, U. W. A. et al. Key soil and topographic properties to delineate potential management classes for precision agriculture in the European loess area.

Geoderma, Amsterdam, v. 143, n. 1-2, p. 206-215, 2008.

WACKERNAGEL, H. Geostatistical Techniques for Interpreting Multivariate Spatial Information. **Quantitative Analysis of Mineral and Energy Resources**, NATO ASI Series, C 223, 393-409, Reidel, Dordrecht, pp. 393-409, 1988.

WACKERNAGEL, H., Petitgas, P., Touffait, Y. Overview of methods for coregionalization analysis. M. Armstrong (ed.). **Geostatistics**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 409-420, 1989.

WEBSTER, R. Statistics to support soil research and their presentation. **European Journal of Soil Science**, v. 52, p. 331-340, 2001.

WEBSTER, R.; BURROUGH, P. A.; Computer-based soil mapping of small areas from sample data. **Journal of Soil Science**, v. 23, n. 2, 1972.

YARUS, J. M.; CHAMBERS, R. L. **Practical Geostatistics: An Armchair Overview** for petroleum Reservoir Engineers, Distinguished Author Series. 2006.

YONGMING, H.; PEIXUAN, D.; JUNJI, C. & POSMENTIER, E.S. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of XI'an, Central China. **Sci. Total Environ.**, 355:176-186, 2005.

YU, K.C.; TSAI, L.J.; CHEN, S.H. & HO, S.T. Correlation analyses on binding behavior of heavy metals with sediment matrices. **Water Resources**. 35:2417-2428, 2001.

WACKERNAGEL, H. **Multivariate Geostatistics: an Introduction with Applications**, Springer-Verlag, Berlin, 1995.

ZIMBACK, C. R. L. **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do Rio Pardo nos municípios de Pardinho e Botucatu**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas, 1997. 55 p.

ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do solo e Fotopedologia), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.