

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - ICIAG

MODELAGEM GEOESTATÍSTICA DE NEMATOIDES, ARGILA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA IRRIGADA NO MUNICÍPIO DE PARACATU - MG

REINALDO RODRIGUES PIMENTEL

MESTRADO

2014

REINALDO RODRIGUES PIMENTEL

MODELAGEM GEOESTATÍSTICA DE NEMATOIDES, ARGILA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA IRRIGADA NO MUNICÍPIO DE PARACATU - MG

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Prof^a. Dra. Maria Amelia dos Santos

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

P644m Pimentel, Reinaldo Rodrigues, 1987-
2014 Modelagem geoestatística de nematoídes, argila e atributos químicos do
solo em área irrigada no município de Paracatu-MG / Reinaldo Rodrigues
Pimentel. -- 2014.
135 f. : il.

Orientadora: Maria Amélia dos Santos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Soja - Teses. 3. Solos – Análise – Paracatu
(MG) - Teses. 4. Estatística agrícola – Teses. I. Santos, Maria Amélia dos.
II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Agronomia. III. Título.

CDU: 631

REINALDO RODRIGUES PIMENTEL

MODELAGEM GEOESTATÍSTICA DE NEMATOIDES, ARGILA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA IRRIGADA NO MUNICÍPIO DE PARACATU - MG

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia - Mestrado, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2014.

Prof. Dra. Clélia Aparecida Iunes Lapera UEMG

Prof. Dr. Elias Nascentes Borges UFU

Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães UFU

Prof. Dra. Maria Amelia dos Santos
ICIAG-UFU
(Orientadora)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

AGRADECIMENTOS

Ao Criador em primeiro lugar que me deu a vida e me possibilitou chegar até aqui.

A todos os meus familiares, em especial à minha mãe e aos meus irmãos que sofreram comigo na luta para alcançar meus objetivos.

À CAPES pela bolsa de mestrado.

À minha orientadora Maria Amelia dos Santos que me auxiliou nas análises e me orientou durante as atividades, possibilitou meu crescimento como profissional e pesquisador e agiu como uma verdadeira mãe, ensinando e disciplinando.

Aos membros da banca examinadora e em especial ao Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães pelo auxílio nas análises geoestatísticas.

Ao meu ex-orientador de monografia Prof. Dr. Jonas Jäger Fernandes que me auxiliou e me possibilitou alcançar o título de Engenheiro Agrônomo.

À minha namorada Vânia Moreira de Freitas que esteve comigo nos momentos finais e decisivos do meu mestrado e me auxiliou e motivou pela luta da aquisição do título de mestre e pelo ingresso no doutorado na Universidade de Brasília-UNB.

Ao Professor Elias Nascentes Borges, ao Técnico Marco Aurélio Raimundo Pontes e todos os estagiários e frequentadores do Laboratório de Manejo e Conservação de Água e Solo da Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio, amizade, auxílio e disponibilização do laboratório para análises de solo imprescindíveis para o presente trabalho.

A todos amigos e amigas, da graduação e pós-graduação, da Universidade Federal de Uberlândia que estiveram comigo durante as fases de desenvolvimento desse trabalho e me ajudaram direta ou indiretamente.

MUITO OBRIGADO!!!

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1 Fitonematoides de importância primária para a cultura da soja.....	03
2.1.1 <i>Meloidogyne</i> spp.	03
2.1.2 <i>Pratylenchus brachyurus</i>.....	04
2.1.3 <i>Heterodera glycines</i>.....	04
2.1.4. <i>Rotylenchulus reniformis</i>.....	05
2.2 Estrutura trófica da nematofauna.....	05
2.3 Atributos físicos e químicos do solo que interferindo sobre populações de fitonematoides.....	06
2.4 Exigências nutricionais da soja.....	07
2.5 Rotação de culturas.....	11
2.6 Análise geoestatística.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Caterização geográfica de Paracatu.....	22
3.2 Estrutura trófica da nematofauna.....	22
3.2.1 Processamento do solo.....	22
3.2.2 Processamento das raízes.....	23
3.3 Determinação de areia, silte e argila total.....	23
3.4 Determinação dos atributos químicos do solo.....	25
3.4.1 pH em água.....	26
3.4.2 H + Al.....	26
3.4.3 Fósforo.....	26
3.4.4 Potássio.....	27
3.4.5 Cálcio e Magnésio.....	27
3.4.6 Alumínio trocável.....	28
3.4.7 Fósforo remanescente.....	28
3.4.8 Matéria Orgânica.....	29
3.4.9 Ferro, Manganês, Zinco e Cobre.....	29
3.4.10 Enxofre.....	29

Continua...

3.4.11 Boro.....	30
3.5 Análise geoestatística.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Estrutura trófica da nematofauna.....	35
4.1.1 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 01.....	36
4.1.2 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 02.....	38
4.1.3 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 03.....	38
4.1.4 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 04.....	39
4.1.5 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 05.....	40
4.1.6 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 06.....	42
4.1.7 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 07.....	42
4.1.8 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 08.....	44
4.1.9 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 09.....	45
4.2 Fitonematoïdes.....	46
4.2.1. Fitonematoïdes associados às culturas instaladas na propriedade.....	46
4.2.2 Fitonematoïdes de importância primária encontrados.....	47
4.2.2.1 <i>Meloidogyne</i> sp.	47
4.2.2.2 <i>Pratylenchus</i> sp.	47
4.2.3 Dependência espacial de nematoïdes.....	48
4.3 Análise textural e argila total	49
4.4 Atributos químicos do solo.....	64
4.4.1 Atributos químicos do solo da área de pivô 01.....	65
4.4.2 Atributos químicos do solo da área de pivô 02.....	73
4.4.3 Atributos químicos do solo da área de pivô 03.....	78
4.4.4 Atributos químicos do solo da área de pivô 04.....	84
4.4.5 Atributos químicos do solo da área de pivô 05.....	91
4.4.6 Atributos químicos do solo da área de pivô 06.....	95
4.4.7 Atributos químicos do solo da área de pivô 07.....	102
4.4.8 Atributos químicos do solo da área de pivô 08.....	109
4.4.9 Atributos químicos do solo da área de pivô 09.....	115
4.5 Avaliação geral dos resultados.....	122
5 CONCLUSÕES.....	125
REFERÊNCIAS.....	127

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. Relação entre o pH do solo e a disponibilidade dos nutrientes no solo. Malavolta (1980). Adaptado de Embrapa (2006).....	08
FIGURA 2. Foto de satélite não atualizada da propriedade obtida pelo google earth com disposição dos pivôs (à direita) e croqui da disposição dos pivôs (à esquerda) em que: A) área de pivô 01; B) área de pivô 02; C) área de pivô 03; D) Área de pivô 04; E) área de pivô 05; F) área de pivô 06; G) área de pivô 07; H) área de pivô 08 e I) área de pivô 09. Fonte: Terrena Agricultura de precisão.....	21
FIGURA 3. Pontos de coleta de amostras georeferenciadas de solo na área de pivô 01.....	21
FIGURA 4. Região anterior de nematoide a) parasito de planta, b) bacteriófago, c) predador, d) onívoro (Fotos: Hanny van Megen, Wageningen university) e e) micófago. Adaptado de: Nematologia Brasil.....	23
FIGURA 5. Semivariograma ilustrativo apresentando parâmetros de ajuste: C ₀ : efeito pepita; C ₀ + C: patamar; a: alcance.....	32
FIGURA 6. Semivariogramas representativos dos modelos: (A) Exponencial; (B) Esférico e (C) Gaussiano.....	33
FIGURA 7. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides bacteriófagos na área de pivô 01.....	37
FIGURA 8. Semivariogramas mostrando independência espacial para Predadores (à esquerda) e para Parasitos de Plantas (à direita).....	37
FIGURA 9. Semivariogramas mostrando independência espacial para: (A): Bacteriófagos e (B): Parasitos de Plantas.....	38
FIGURA 10. Semivariograma ajustado (à esquerda) e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz (à direita) para nematoides bacteriófagos na área de pivô 03.....	38
FIGURA 11. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides parasitos de plantas na área de pivô 04.....	39
FIGURA 12. Semivariogramas mostrando independência espacial para (A): Bacteriófagos, (B): Onívoros e (C): Micófagos.....	40
FIGURA 13. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides bacteriófagos na área de pivô 05.....	40
FIGURA 14. Semivariograma ajustado (à esquerda) e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz (à direita) para nematoides onívoros na área de pivô 05.....	41
FIGURA 15. Semivariogramas ajustados mostrando independência espacial para (A): Micófagos, (B): Parasitos de plantas e (C): Predadores.....	42

FIGURA 16. Semivariogramas ajustados mostrando independência espacial para (A): Bacteriófagos, (B): Micófagos, (C): Onívoros e (D): Parasitos de Plantas na área de pivô 06.....	42
FIGURA 17. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides bacteriófagos na área de pivô 07.....	43
FIGURA 18. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides micófagos na área de pivô 07.....	43
FIGURA 19. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides onívoros na área de pivô 07.....	44
FIGURA 20. Semivariograma ajustado mostrando independência espacial para parasitos de Plantas na área de pivô 07.....	44
FIGURA 21. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides bacteriófagos na área de pivô 08.....	45
FIGURA 22. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides bacteriófagos na área de pivô 09.....	45
FIGURA 23. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para número de <i>Pratylenchus brachyurus</i> (Pb) na área de pivô 06.....	48
FIGURA 24. Triângulo adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo para classificação das classes texturais do solo (EMBRAPA, 1999).....	50
FIGURA 25. Classes texturais presentes na área de pivô 01 e porcentagem de ocorrência de cada classe.....	50
FIGURA 26. Classes texturais presentes na área de pivô 02 e porcentagem de ocorrência de cada classe.....	51
FIGURA 27. Classes texturais presentes na área de pivô 03 e porcentagem de ocorrência de cada classe.....	52
FIGURA 28. Classes texturais presentes na área de pivô 04 e porcentagem de ocorrência de cada classe.....	53
FIGURA 29. Classes texturais presentes na área de pivô 05 e porcentagem de ocorrência de cada classe.....	54
FIGURA 30. Classes texturais presentes na área de pivô 06 e porcentagem de ocorrência de cada classe.....	55
FIGURA 31. Classes texturais presentes na área de pivô 07 e porcentagem de ocorrência de cada classe.....	56
FIGURA 32. Classes texturais presentes na área de pivô 08 e porcentagem de ocorrência de cada classe.....	57
FIGURA 33. Classes texturais presentes na área de pivô 09 e porcentagem de ocorrência de cada classe.....	58
FIGURA 34. Semivariograma ajustado para resíduos dos teores de argila total (%) e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) com dados originais, gerado a partir de krigagem na área de pivô 01.....	61
FIGURA 35. Semivariograma ajustado para resíduos dos teores de argila total (%) e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) com dados originais, gerado a partir de krigagem na área de Pivô 02.....	62

FIGURA 36. Semivariograma ajustado para resíduos dos teores de argila total (%) e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) com dados originais, gerado a partir de krigagem na área de pivô 03.....	62
FIGURA 37. Semivariograma para resíduos dos teores de argila total (%) e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) (à direita) com dados originais gerado a partir de krigagem na área de pivô 04.....	62
FIGURA 38. Semivariograma para teor de argila total (%) e semivariograma para resíduos do teor de argila total, mostrando independência espacial de teor de argila na área de pivô 05.....	63
FIGURA 39. Semivariograma para teores de argila total (%) e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) gerado a partir de krigagem na área de pivô 06.....	63
FIGURA 40. Semivariograma para resíduos dos teores de argila total (%) e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) com dados originais gerado a partir de krigagem na área de pivô 07.....	63
FIGURA 41. Semivariograma para teores de argila total (%) encontrados e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) com dados originais, gerado a partir de krigagem na área de pivô 08.....	64
FIGURA 42. Semivariograma para teores de argila total (%) encontrados e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) com dados originais, gerado a partir de krigagem na área de pivô 09.....	65
FIGURA 43. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 01.....	66
FIGURA 44. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para alumínio (Al^{3+}) na área de pivô 01.....	67
FIGURA 45. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 01.....	67
FIGURA 46. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (T) na área de pivô 01.....	68
FIGURA 47. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (t) na área de pivô 01.....	68
FIGURA 48. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para H + Al na área de pivô 01.....	68
FIGURA 49. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para potássio (K^+) na área de pivô 01.....	69
FIGURA 50. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por alumínio (m (%)) na área de pivô 01.....	69
FIGURA 51. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 01.....	69
FIGURA 52. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para fósforo (P) na área de pivô 01.....	70
FIGURA 53. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para fósforo remanescente (P-rem) na área de pivô 01.....	70

FIGURA 54. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para soma de bases (SB) na área de pivô 01.....	70
FIGURA 55. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por bases (V (%)) na área de pivô 01.....	71
FIGURA 56. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 02.....	74
FIGURA 57. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para potássio (K^+) na área de pivô 02.....	75
FIGURA 58. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 02.....	75
FIGURA 59. Semivariogramas ajustados mostrando tendência nos dados para: (A): CTC (T); (B): CTC (t) e (C): P-rem na área de pivô 02.....	76
FIGURA 60. Semivariogramas mostrando independência espacial para: (A): alumínio (Al^{3+}); (B): H + Al; (C): saturação por alumínio (m (%)); (D): fósforo; (E): pH em água; (F): soma de bases e (G): saturação por bases, na área de pivô 02.....	77
FIGURA 61. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para alumínio (Al^{3+}) na área de pivô 03.....	80
FIGURA 62. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 03.....	80
FIGURA 63. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (T) na área de pivô 03.....	80
FIGURA 64. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (t) na área de pivô 03.....	81
FIGURA 65. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 03.....	81
FIGURA 66. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para P-rem na área de pivô 03.....	81
FIGURA 67. Semivariograma ajustado encontrados e mapa de distribuição espacial por krigagem para soma de bases na área de pivô 03.....	82
FIGURA 68. Semivariogramas mostrando tendência nos dados, na área de pivô 03, para: (A): acidez potencial (H + Al) e (B): Ph em água.....	83
FIGURA 69. Semivariogramas mostrando independência espacial, na área de pivô 03, para: (A): potássio (K^+); (B): saturação por alumínio (m (%)); (C): fósforo (P); (D): saturação por bases (V (%)).....	83
FIGURA 70. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 04.....	86
FIGURA 71. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 04.....	86
FIGURA 72. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (T) na área de pivô 04.....	87

FIGURA 73. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (t) na área de pivô 04.....	87
FIGURA 74. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para H + Al na área de pivô 04.....	87
FIGURA 75. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para potássio (K^+) na área de pivô 04.....	88
FIGURA 76. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 04.....	88
FIGURA 77. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para soma de bases (SB) na área de pivô 04.....	88
FIGURA 78. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por bases (V %)) na área de pivô 04.....	89
FIGURA 79. Semivariogramas mostrando independência espacial (efeito pepita puro), na área de pivô 04, para (A): Al^{3+} ; (B): saturação por alumínio (m(%)) e (C): fósforo (P).....	90
FIGURA 80. Semivariogramas mostrando tendência nos dados, na área de pivô 04, para P-rem.....	90
FIGURA 81. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 05.....	93
FIGURA 82. Semivariogramas ajustados mostrando independência espacial, na área de pivô 05, para: (A): alumínio (Al^{3+}); (B): cálcio (Ca^{2+}); (C): acidez potencial (H + Al); (D): potássio (K^+); (E): saturação por alumínio (m(%)); (F): fósforo (P).....	94
FIGURA 83. Semivariogramas ajustados mostrando tendência nos dados, na área de pivô 05, para: (A): CTC (T); (B): CTC (t); (C): magnésio (Mg^{2+}); (D): fósforo remanescente (P-rem.); (E): soma de bases (SB) e (F): saturação por bases (V%)....	95
FIGURA 84. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 06.....	97
FIGURA 85. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para alumínio (Al^{3+}) na área de pivô 06.....	97
FIGURA 86. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 06.....	98
FIGURA 87. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (T) na área de pivô 06.....	98
FIGURA 88. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (t) na área de pivô 06.....	98
FIGURA 89. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para H + Al na área de pivô 06.....	99
FIGURA 90. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para potássio (K^+) na área de pivô 06.....	99

FIGURA 91. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por alumínio (m (%)) na área de pivô 06.....	99
FIGURA 92. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 06.....	100
FIGURA 93. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para P-rem na área de pivô 06.....	100
FIGURA 94. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para soma de bases (SB) na área de pivô 06.....	100
FIGURA 95. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por bases (V(%)) na área de pivô 06.....	100
FIGURA 96. Semivariograma mostrando independência espacial para fósforo (P), na área de pivô 06.....	102
FIGURA 97. Semivariogramas ajustados mostrando independência espacial para alumínio (Al^{3+}) à esquerda e saturação por alumínio (m (%)) à direita.....	104
FIGURA 98. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 07.....	104
FIGURA 99. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 07.....	105
FIGURA 100. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (T) na área de pivô 07.....	105
FIGURA 101. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (t) na área de pivô 07.....	105
FIGURA 102. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para H + Al na área de pivô 07.....	106
FIGURA 103. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para potássio (K^+) na área de pivô 07.....	106
FIGURA 104. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 07.....	106
FIGURA 105. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para fósforo (P) na área de pivô 07.....	106
FIGURA 106. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para soma de bases na área de pivô 07.....	107
FIGURA 107. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por bases na área de pivô 07.....	107
FIGURA 108. Semivariograma mostrando tendência nos dados para fósforo remanescente (P-rem).....	108
FIGURA 109. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 08.....	111
FIGURA 110. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para acidez potencial (H + Al) na área de pivô 08.....	111
FIGURA 111. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para fósforo (P) na área de pivô 08.....	112

FIGURA 112. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para fósforo remanescente (P-rem) na área de pivô 08.....	112
FIGURA 113. Semivariogramas mostrando independência espacial para: (A): Alumínio (Al^{3+}); (B): cálcio (Ca^{2+}); (C): CTC (T); (D): CTC (t); (E): potássio (K^+); (F): saturação por alumínio (m%); (G): magnésio (Mg^{2+}); (H): soma de bases (SB) e (I): saturação por bases (V%).....	114
FIGURA 114. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 09.....	116
FIGURA 115. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para alumínio (Al^{3+}) na área de pivô 09.....	116
FIGURA 116. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 09.....	117
FIGURA 117. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (T) na área de pivô 09.....	117
FIGURA 118. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (t) na área de pivô 09.....	117
FIGURA 119. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para acidez potencial (H + Al) na área de pivô 09.....	118
FIGURA 120. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para fósforo remanescente (P-rem) na área de pivô 09.....	118
FIGURA 121. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para potássio (K^+) na área de pivô 09.....	118
FIGURA 122. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por alumínio (m %) na área de pivô 09.....	119
FIGURA 123. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 09.....	119
FIGURA 124. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para soma de bases (SB) na área de pivô 09.....	119
FIGURA 125. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por bases (V (%)) na área de pivô 09.....	120
FIGURA 126. Semivariograma ajustado indicando independência espacial para fósforo (P) na área de pivô 09.....	121

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
TABELA 1. Classes de interpretação para acidez ativa do solo (pH em H ₂ O, relação 1:2,5, Terra Fina Seca ao Ar: H ₂ O).....	09
TABELA 2. Classes de interpretação de fertilidade do solo para a matéria orgânica e o complexo de troca catiônica.....	09
TABELA 3. Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de fósforo remanescente (P-rem) e para o potássio.....	10
TABELA 4. Faixas de disponibilidade consideradas adequadas na interpretação de análise de solos para micronutrientes, segundo diferentes autores, utilizando o extrator Mehlich I.....	11
TABELA 5. Identificação das áreas, tamanho de cada área, número de amostras coletadas e coordenadas geográficas médias.....	20
TABELA 6. Últimas culturas instaladas e próximas culturas a serem instaladas por área de pivô.....	21
TABELA 7. Amostras utilizadas em cada área de pivô para determinação de Densidade de Partículas (<i>D_p</i>).....	25
TABELA 8. Abundância total de nematoides encontrados quanto ao hábito alimentar por 150 cm ³ de solo.....	36
TABELA 9. Número de amostras com nematoides em cada grupo trófico.....	36
TABELA 10. Número de fitonematoides por espécie ou gênero encontrados nas amostras de solo associados às culturas da soja, milho e milheto na propriedade rural Rio Preto em Paracatu-MG.....	47
TABELA 11. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para população de nematoides por grupo trófico e para <i>Pratylenchus brachyurus</i> na propriedade Rio Preto em Paracatu-MG.....	49
TABELA 12. Médias das Densidades de partículas (g cm ⁻³) calculadas a partir da técnica do balão volumétrico para aproximadamente 1 amostra a cada 10 por área de pivô.....	49
TABELA 13. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 01.....	51
TABELA 14. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação (CV) para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 02.....	52
TABELA 15. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 03.....	53

TABELA 16. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 04.....	54
TABELA 17. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 05.....	55
TABELA 18. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 06.....	56
TABELA 19. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 07.....	57
TABELA 20. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 08.....	58
TABELA 21. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 09.....	59
TABELA 22. Valores de mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 01.....	65
TABELA 23. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 01, quando houve dependência espacial.....	72
TABELA 24. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 9 pontos distribuídos na área de pivô 01.....	72
TABELA 25. Valores de mínimo (Min.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 02.....	73
TABELA 26. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 02, quando houve dependência espacial.....	75
TABELA 27. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 10 pontos distribuídos na área de pivô 02.....	78
TABELA 28. Valores de mínimo (Min.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 03.....	79

TABELA 29. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 03, quando houve dependência espacial.....	82
TABELA 30. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 10 pontos distribuídos na área de pivô 03.....	84
TABELA 31. Valores de mínimo (Min.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 04.....	85
TABELA 32. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 04, quando houve dependência espacial.....	89
TABELA 33. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 10 pontos distribuídos na área de pivô 04.....	91
TABELA 34. Valores de mínimo (Min.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 05.....	92
TABELA 35. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 3 pontos distribuídos na área de pivô 05.....	95
TABELA 36. Valores de mínimo, máximo, média, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 06.....	96
TABELA 37. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 06, quando houve dependência espacial.....	101
TABELA 38. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 9 pontos distribuídos na área de pivô 06.....	102
TABELA 39. Valores de mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 07.....	103
TABELA 40. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 07, quando houve dependência espacial.....	108
TABELA 41. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 9 pontos distribuídos na área de pivô 07.....	109

TABELA 42. Valores de mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 08.....	110
TABELA 43. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 08, quando houve dependência espacial.....	112
TABELA 44. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 10 pontos distribuídos na área de pivô 08.....	114
TABELA 45. Valores de mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 09.....	115
TABELA 46. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 09, quando houve dependência espacial.....	120
TABELA 47. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 9 pontos distribuídos na área de pivô 09.....	121

RESUMO

PIMENTEL, Reinaldo Rodrigues. **Modelagem Geoestatística de Nematoides, Argila e Atributos Químicos do Solo em Área Irrigada do Município de Paracatu - MG.** 2014. 150f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de avaliar a distribuição espacial de nematoides, teor de argila e atributos químicos do solo com auxílio da geoestatística em área onde predomina cultivo de soja. Para isso, foram coletadas amostras de solo e raízes georeferenciadas de uma propriedade rural em Paracatu-MG e feitas análises químicas, físicas e nematológicas. A amostragem foi realizada na forma de malhas, coletando-se aproximadamente uma amostra por hectare em nove áreas de pivô central da propriedade de 831,01 ha. Em seguida montou-se semivariogramas e mapas de distribuição espacial por krigagem para os fatores avaliados. Observou-se a predominância dos modelos esférico e exponencial nos ajustes de semivariogramas de atributos químicos do solo, do exponencial para nematoides e para argila não foi possível identificar predominância de nenhum dos modelos. Houve independência espacial para vários atributos químicos do solo, o que pode estar associado com a aplicação de agricultura de precisão à área tanto na correção quanto na adubação em anos anteriores, o que proporcionou teores adequados e próximos para o cultivo de soja e das principais culturas utilizadas em rotação na propriedade. Quanto à argila total, ocorreu tendência nos dados, sendo feita modelagem dos semivariogramas a partir dos resíduos encontrados para retirá-la. Fato similar foi constado para parte dos atributos químicos sendo que, nesses casos, os semivariogramas gerados a partir dos resíduos apresentaram efeito pepita puro, indicando que a superfície de tendência é a melhor representação espacial dessas variáveis. Devido ao baixo número de amostras com nematoides, não foi possível montar semivariogramas ajustados para a maioria dos grupos tróficos ou de fitonemátodes de importância primária para as culturas utilizadas na área. No entanto, os grupos mais abundantes na estrutura trófica de nematoides foram o de Parasitos de Plantas (PP) e o de Bacteriófagos (B). Os fitonemátodes de importância primária encontrados foram *Pratylenchus brachyurus* em maior número e *Rotylenchulus reniformis* e *Meloidogyne* sp., em menor número, para cultura da soja e *Pratylenchus zae* e *Pratylenchus brachyurus* para as culturas do milho e do milheto. Quanto aos atributos químicos do solo, houve tendência para P-rem no pivô 07, V (%), SB, P-rem, Mg²⁺, CTC (T) e CTC (t) na área de pivô 05, P-rem na área de pivô 04, H + Al e pH em água na área de pivô 03 e CTC (T), CTC (t) e P-rem na área de pivô 02. Constatou-se ainda efeito pepita puro para H + Al, Al³⁺, P, SB e V (%) na área de pivô 02; K⁺, m (%) e V (%) na área de pivô 03; Al³⁺, K⁺, m (%) e P na área de pivô 04; fósforo na área de pivô 06; Al³⁺ e m (%) na área de pivô 07; Al³⁺, Ca²⁺, CTC (T), CTC (t), K⁺, m (%), Mg²⁺, SB e V (%) na área de pivô 08 e fósforo (P) na área de pivô 09. Na área de pivô 05, para Al³⁺, Ca²⁺, H + Al, K⁺, m (%) e P observaram-se independência espacial e inadequação dos dados ao ajuste a qualquer modelo.

Palavras-chave: soja, geoestatística, nematoides, argila total, atributos químicos

¹Supervisora: Maria Amelia dos Santos - UFU.

ABSTRACT

Geostatistical Modeling for Nematodes, Clay and Soil Chemical Properties in Irrigated Areas of Paracatu - MG. 2014. 150f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

This study evaluated the spatial distribution of nematodes, clay content and soil chemical properties with the aid of geostatistics in an area mostly cultivated with soybeans. For this, georeferenced samples of soil and roots, from a rural property in Paracatu – MG, were collected and subjected to chemical, physical and nematode analyses. Sampling was conducted in the form of a mesh, collecting approximately one sample per hectare, in nine areas with central pivot in a property with 831.01 ha. Subsequently, the semivariograms and spatial distribution maps were made, using kriging technique, for each factor evaluated. There was a predominance of spherical and exponential models in semivariograms adjusted for soil chemical properties, of exponential models for nematodes, and clay could not be identified by any of the models. There was spatial independence for various soil chemical properties, which can be associated to the application of precision agriculture to the area, both in correction and fertilization in previous years, which provided adequate or near adequate fertilization levels for soybean cultivation and the main crops used in rotation on the property. The data for total clay were biased, thus modeling of the semivariograms was done with the residues. Similarly, some of the soil chemical attributes were modeled from the residues, and in these cases, the semivariograms showed pure nugget effect, indicating that trend surface is the best spatial representation for them. Due to the low number of samples with nematodes, it was not possible to fit semivariograms adjusted for most trophic groups of nematodes of primary importance for the cultures used in the area. However, the most abundant nematode groups in the trophic structure were the parasites of plants (PP) and the Bacteriophage (B). The nematodes of primary importance found were *Pratylenchus brachyurus* in greater numbers, followed by *Rotylenchulus reniformis* and *Meloidogyne* sp. In soybean and *Pratylenchus zeae* and *Pratylenchus brachyurus* in maize and millet. The analyses of chemical soil properties, indicated a tendency for P-rem at pivot 07, V (%), SB, P-rem, Mg²⁺, CTC (T) and CTC (t) in the area of pivot 05, P-rem in the area of pivot 04, H+Al and pH in water in the area of pivot 03 and CTC (T), CTC (t) and P-rem in the area of pivot 02. Also, pure nugget effect was observed for H+Al, Al³⁺, P, SB and V (%) in pivot area 02; K⁺, m (%) and P and V (%) in pivot area 03; Al³⁺, K⁺, m (%) P and the area of pivot 04; phosphorus in pivot area 06; Al³⁺ and m (%) in pivot area 07; Al³⁺, Ca²⁺, CTC (T) CTC (t), K⁺, m (%), Mg²⁺, SB and V (%) in the area of pivot 08 and phosphorus (P) in the area of pivot 09. In pivot 05, Al³⁺, Ca²⁺, H+Al, K⁺, m (%) and P had spatial independence and the data did not adjust to any of the models.

Keywords: Soybean, geostatistics, nematodes, total clay, chemical properties

¹Supervisora: Maria Amelia dos Santos - UFU.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas mais cultivadas no mundo e o Brasil ocupa a segunda maior produção. Vários fatores restringem a produção desse grão como perdas de colheita, logística, fatores climáticos e ambientais e, principalmente, por pragas e doenças.

Os fitonematoides em lavouras de soja podem causar perdas de até 100 % da produção dependendo da suscetibilidade da cultivar de soja utilizada e da infestação da área. Os nematoides mais prejudiciais à essa cultura são os formadores de galhas (*Meloidogyne* spp. Goeldi, 1887), com destaque para *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) e *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919), o do cisto (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952), o das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus* Godfrey, 1929) e o reniforme (*Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira, 1940) (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2010).

Ao longo do tempo, o monocultivo de soja, como de qualquer outra cultura, favorece o aumento populacional de espécies de fitonematoides tornando a produção insustentável, o que pode ser um grande problema quando as espécies envolvidas são polífagas, diminuindo as possibilidades de culturas rotação ou sucessão em propriedades rurais.

Dessa forma, é importante conhecer a propriedade rural como um todo e conhecer as infestações de fitonematoides, mesmo que pequenas, desde o seu surgimento, o que favorece a aplicação de medidas de controle mais eficazes a curto e longo prazo. O conhecimento da distribuição espacial torna-se importante permitindo identificar e mapear áreas com suas populações de fitonematoides altas. O entendimento da dinâmica populacional e de correlações entre fatores bióticos e abióticos do ambiente solo que favorecem ou desfavorecem as populações de fitonematoides, podem auxiliar na tomada de decisões de manejo.

Embora vários estudos sejam conduzidos ao longo do mundo buscando a melhor forma de manejear áreas agrícolas e evitar problemas fitossanitários, sabe-se que o desenvolvimento de qualquer doença ou praga depende não apenas da disponibilidade de alimento, mas de um conjunto de fatores que atuam conjuntamente, favorecendo ou desfavorecendo o estabelecimento desses organismos.

Dessa forma, observa-se a necessidade de estudos que envolvam não apenas populações de organismos nocivos à produção agrícola, mas que possam permitir

avaliações do desenvolvimento dessas populações influenciadas por fatores bióticos e abióticos. Estudos que envolvam relações ecológicas mais complexas devem ocorrer no campo o que pode ser um problema em se tratando de grandes áreas.

No entanto, a agricultura de precisão, utilizada inicialmente para auxiliar no estudo de variações de fertilidade de áreas agrícolas e aplicação de adubação e corretivos em doses diferenciadas, desenvolveu e, com o uso de técnicas de geoestatística, tem permitido o estudo da distribuição espacial não apenas de atributos físicos e químicos de solo, mas também de populações de pragas e doenças em áreas agrícolas, possibilitando estudos mais complexos do desenvolvimento das mesmas em lavouras.

A geoestatística é uma ferramenta utilizada no estudo da dependência espacial e temporal de variáveis em estudo a partir de semivariogramas e confecção de mapas com o processo de krigagem.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar uma área com produção de soja amostrada pelo uso da agricultura de precisão avaliando, através da geoestatística, a distribuição espacial de nematóides por grupos funcionais, de argila total e de atributos químicos do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fitonematoides de importância primária para a cultura da soja

As doenças provocadas por nematoides na soja, assim como nas demais culturas e espécies botânicas, não dependem apenas de fatores ligados à planta ou ao nematoide, mas da interação planta-nematoide-ambiente. De acordo com a Embrapa (2007) existem milhares de espécies de plantas parasitadas por nematoides, entretanto algumas significativas exceções têm sido descritas. Essas são plantas que evoluíram mecanismos protetores que previnem a atração, penetração, migração, formação de sítio de alimentação, nutrição, reprodução ou sobrevivência dos nematoides. De forma geral, essas plantas são classificadas, de acordo com o mecanismo de proteção em antagonistas, armadilhas, não-hospedeiras ou resistentes, uma vez que a interação molecular planta-nematoide, nesses casos, é parcialmente ou totalmente incompatível.

Dessa forma, embora inúmeras espécies de nematoides possam estar associadas a uma cultura, não são todas que causarão danos e perdas de produção exigindo a aplicação de medidas de controle. Daí a necessidade de se conhecer as espécies de importância primária para cada cultura, o que facilitaria inclusive, o manejo adequado de áreas agrícolas.

2.1.1 *Meloidogyne* spp.

A meloidoginose é a doença decorrente da interação nematoide/raiz vegetal que proporciona diferenciações celulares para o desenvolvimento de galhas radiculares. As espécies do gênero *Meloidogyne*, por sua ampla distribuição e alta capacidade destrutiva, têm sido consideradas as mais importantes na agricultura mundial (CAMPOS e VILLAIN, 2005). A dificuldade no controle está associada principalmente à persistência desse grupo no solo e ao grande número de plantas hospedeiras, incluindo plantas ornamentais, medicinais, condimentares, fruteiras, hortaliças e diversas culturas anuais (HUTCHINSON *et al.*, 1999).

Santos (2012) avaliou as cultivares de soja FMT tabarana e TMG 115 RR, UFUS Riqueza, UFUS Tikuna, UFUS Guarani, UFUS Carajás, UFUS Guará, UFUS Bahia, BRSMT Pintado (testemunha de suscetibilidade), MG/BR 46 (Conquista) (testemunha de resistência) quanto à reação à *M. javanica* e *M. incognita*. Todos os genótipos de soja

testados foram suscetíveis à *M. incognita* (FR de 6,16 a 23,0) e a *M. javanica* (FR de 8,33 a 23,18).

2.1.2 *Pratylenchus brachyurus*

Conhecido como nematoide das lesões radiculares (GODFREY, 1929), o gênero *Pratylenchus* ocupa o segundo grupo de fitonematoídes mais importante à agricultura, sendo a primeira posição ocupada pelo gênero *Meloidogyne* (LORDELLO, 1981). Os principais sintomas ocorrem nas raízes das plantas parasitadas que se apresentam, parcial ou totalmente, escurecidas devido ao ataque do parênquima cortical, onde o nematoide, ao se alimentar, injeta toxinas. Esse nematoide foi favorecido por mudanças no sistema de produção e plantio da cultura em áreas agrícolas de solos com textura arenosa apresentando menos que 15 % de teor de argila (EMBRAPA, 2010).

De acordo com Rosa Júnior (2010), são parasitos obrigatórios de órgãos vegetais subterrâneos (raízes, tubérculos, túberas, rizomas ou fruto hipógeo), migradores, de corpo fusiforme e tamanho microscópico (raramente excede 0,9 mm de comprimento). Isoladamente ou em interações com fungos ou bactérias, podem causar redução no volume do sistema radicular que ocasionam manifestação de sintomas reflexos na parte aérea das plantas.

Santos (2012) avaliou as cultivares de soja FMT tabarana e TMG 115 RR, UFUS Riqueza, UFUS Tikuna, UFUS Guarani, UFUS Carajás, UFUS Guará, UFUS Bahia, BRSMT Pintado (testemunha de suscetibilidade), MG/BR 46 (Conquista) (testemunha de resistência) quanto à reação à *P. brachyurus*. Os genótipos UFUS 02 Marrom e UFUS Tikuna apresentaram FR menor que 1.

2.1.3 *Heterodera glycines*

Nessa espécie, conhecida como nematoide do cisto da soja, os juvenis de segundo estádio penetram nas raízes e dificultam a absorção de água e nutrientes causando o nanismo amarelo da soja (EMBRAPA, 2010).

O juvenil de segundo estádio penetra na raiz e se move no sentido do cilindro vascular para estabelecer o local de alimentação injetando secreções das glândulas esofageanas a partir do estilete. A formação desse local de alimentação é caracterizada pela quebra das paredes celulares entre a célula local de alimentação inicial e suas células

vizinhas, resultando no desenvolvimento de um sincício multinucleado. O nematoide do cisto passa por três ecdises dentro da raiz antes de se tornar adulto. A reprodução geralmente é sexuada e, uma vez fertilizada, a fêmea produz os ovos sendo que apenas um terço é ovipositado na matriz gelationosa formando uma massa de ovos externamente na parte traseira da fêmea. (WILLIAMSON e GLEASON, 2003).

Cerca de 30 a 40 dias após a semeadura, as fêmeas podem ser encontradas expostas nas raízes com coloração branca e formato de limão ligeiramente alongado. Com o tempo essas fêmeas morrem e adquirem coloração marrom escura e com parede do corpo endurecida que nada mais são que os cistos que apresentam, em seu interior, em média, cerca de 200 ovos que são os dois terços que a fêmea mantém dentro do corpo.

2.1.4. *Rotylenchulus reniformis*

A espécie conhecida como nematoide reniforme afeta principalmente a cultura do algodão, mas pode se tornar problema para a soja quando em alta população no solo e dependendo da cultivar utilizada. Estimativas mostram que a espécie pode ocorrer em altas densidades populacionais em 29 % dos municípios do estado do Mato Grosso do Sul (EMBRAPA, 2010).

De acordo com trabalho de Pipolo *et al.* (1994) em soja, causa dissolução nas paredes das células do pericílio e a resistência da soja ao nematoide reniforme é controlada por dois pares de genes e que genes ligados determinam a resistência da soja ao nematoide reniforme e nematoide do cisto.

2.2 Estrutura trófica da nematofauna

A estrutura trófica pode ser dividida em cinco grupos quanto ao hábito de alimentação, baseado na morfologia do estoma e esôfago: parasitos de plantas ou fitófagos (PP), bacteriófagos (B), micófagos (M), predadores (P) e onívoros (O) conforme Yeates *et al.* (1993).

Estudos relativos à estrutura trófica da nematofauna têm sido comuns e a presença ou ausência de determinados grupos de nematoides são utilizados como parâmetros de bioindicadores de qualidade de solo. Isso porque, com as atividades agrícolas e monocultivo associado às variações de atributos físicos, químicos e biológicos do solo, as populações de nematoides predominantes tendem a ser de parasitos de plantas e

bacteriófagos. Arieira (2012), na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Embrapa Soja), localizado em Londrina - PR, submetida a dois sistemas de cultivo (sucessão soja/trigo ou rotação de culturas) e cinco sistemas de preparo do solo (plantio direto, preparo convencional com arado de discos, grade pesada, cruzador e plantio direto com cruzador a cada três anos) encontrou predominância de nematoides parasitas de plantas e bacteriófagos seguidos de nematoides micófagos e, em menor proporção, de nematoides predadores e onívoros. Observou ainda a predominância de Parasitos de Plantas na camada de 0-10 cm de profundidade, de bacteriófagos na profundidade de 10-20 cm e 20-30 cm e redução de micófagos na camada de 20-30 cm.

Torres *et al.* (2006) constataram baixos índices da comunidade de nematoides, que são característicos de áreas de cultivos anuais, em área de plantio de *Cucumis melo* (meloeiro) com e sem sintomas de *Rotylenchulus reniformis*, mesmo depois de 10 anos sem cultivo em área onde era feito o monocultivo de algodão no município de Baraúnas, Rio Grande do Norte.

Em trabalho de Cardoso (2010) para avaliação da nematofauna em uma área com plantio de cana-de-açúcar e outra de Floresta Atlântica, encontrou que na área de cultivo de cana-de-açúcar predominou *Pratylenchus* sp. e *Helicotylenchus* sp., ou seja, parasitas de plantas enquanto que na área de floresta predominaram nematoides onívoros seguidos de bacteriófagos, principalmente das famílias Dorylaimidae e Rhabditidae. Outro fator avaliado foi a resistência à penetração do solo sendo constatado maior valor na área de plantio de cana-de-açúcar que a afeta diretamente as populações de nematoides de vida livre, principalmente da família Dorylaimidae.

Figueira *et al.* (2011) também encontraram diferenças na nematofauna em quatro sistemas de manejo no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) compostos por áreas de pasto, capoeira, figo com *Paspalum notatum* e horta. A população de onívoros foi baixa para todos os sistemas. Os parasitos de plantas e bacteriófagos foram dominantes.

Tomazine *et al.* (2008), estudando áreas naturais e com culturas perenes e anuais, observaram que em todas prevaleceram o grupo trófico de parasitos de plantas, seguido pelo de bacteriófagos.

2.3 Atributos físicos e químicos do solo interferindo sobre populações de fitonematoídes

As populações de nematoides de diferentes grupos tróficos ocorrem no solo e são influenciadas por um elevado número de fatores que podem favorecer ou desfavorecer o seu desenvolvimento. Dentre esses fatores encontram-se os de natureza física e química.

Com relação aos atributos físicos do solo, trabalhos têm mostrado que a textura do solo favorece ou desfavorece determinadas espécies o que se torna fator importante a ser considerado no manejo de áreas agrícolas. Rocha *et al.* (2006) demonstraram que solos de classes texturais intermediárias, com teores de argila de 22 a 48 % são mais favoráveis ao desenvolvimento de *Heterodera glycines*. Já solos com teores de areia maiores que 85 % são favoráveis para o desenvolvimento do nematoide das lesões radiculares (EMBRAPA, 2013). Asmus *et al.* (2004) ao analisarem amostras coletadas nos municípios de Aral Moreira, Chapadão do Sul, Costa Rica, Deodápolis, Dois irmãos do Buriti, Eldorado, Guia Lopes da Laguna, Itaquiraí, Maracaju, Mundo Novo, Naviraí, Nioaque, Pedro Gomes, Ponta Porã, São Gabriel do Oeste e Sidrolândia, encontraram correlações significativas positivas entre as densidades populacionais de *Meloidogyne incognita* e o teor de areia das amostras e negativa entre a mesma espécie e o teor de argila.

Debiassi *et al.* (2011) estudaram oito áreas cultivadas com soja, analisando a área interna e externa das reboleiras provocadas por *Pratylenchus brachyurus* nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm e concluíram que a acidez do solo e os efeitos da mesma sobre o teor de Al³⁺ aumentam a intensidade dos sintomas ocasionados à soja. De acordo com os autores, isso ocorre em função da redução da tolerância da soja a *Pratylenchus brachyurus* em áreas mais ácidas tendo em vista que não houve correlação significativa do nematoide com nenhum atributo químico avaliado.

Já Matos *et al.* (2011) avaliaram o efeito da aplicação da vinhaça em áreas de tabuleiro e de encostas sobre a população de nematoides no solo e observaram correlação significativa de fósforo, cálcio e saturação por bases com os fitoparasitos ($r = -0,17; 0,17$ e $0,16$ respectivamente) e total de nematoides ($r = -0,20; 0,21$ e $0,17$ respectivamente). Na área de encosta, houve ainda correlação negativa entre magnésio e fitoparasitos ($r = -0,16$).

Vicente (2011) observou em área de cultivo de cana-de-açúcar que as relações dos componentes da nematofauna com as frações granulométricas, densidade de solo e densidade de partículas, variaram de acordo com o gênero de nematoide envolvido. A matéria orgânica e a atividade heterotrófica da biomassa do solo influenciaram diretamente a densidade populacional da comunidade de nematoides.

De acordo com Melloni *et al.* (2008) um dos atributos mais importantes para avaliar a qualidade do solo é a estrutura que reflete a distribuição de poros por tamanho, a

estabilidade do solo e como o uso afeta o fluxo de água, o potencial de erosão, o comportamento da fauna e microbiana e a dinâmica de matéria orgânica.

2.4 Exigências nutricionais da soja

A caracterização dos atributos químicos do solo, importante para definir o melhor manejo de adubação e correção de solo, feita a partir de um conjunto de análises químicas, são imprescindíveis para a agricultura convencional e, principalmente para a agricultura de precisão. Não considerar a falta ou excesso de nutrientes no solo pode determinar grandes perdas em sistema de produção sendo, a nutrição, a base para boas produtividades em qualquer cultivo. As relações entre nutrientes, muitas vezes, são complexas e exigem conhecimento e pesquisas bem elaboradas para se evitar excesso ou falta dos mesmos no ciclo de desenvolvimento das plantas. Além do mais cada cultura tem uma exigência nutricional específica, tornando ainda mais complexo o sistema produtivo.

A cultura da soja é amplamente cultivada no país, sendo que em áreas de cerrado a disponibilidade de cada nutriente à planta varia em função da acidez do solo, sendo que quando o pH do solo está acima de 6,5 a maioria dos nutrientes tem sua disponibilidade reduzida. Na Figura 1 são mostradas as curvas de disponibilidade dos macro e micronutrientes e de alumínio trocável em função da variação do pH do solo.

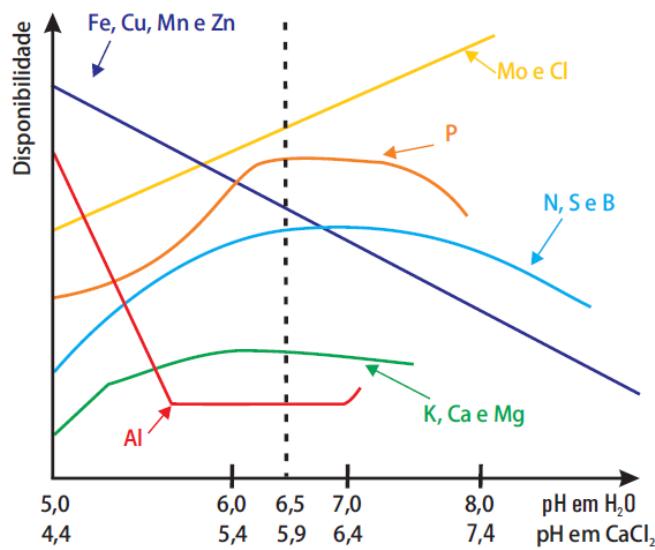


FIGURA 1. Relação entre o pH do solo e a disponibilidade dos nutrientes no solo. Malavolta (1980). Adaptado de Embrapa (2006).

A manutenção do pH do solo em níveis adequados é extremamente importante num sistema produtivo de qualquer cultura sendo que, agronomicamente, o pH do solo deve ser mantido entre 6,0 a 6,5 de forma a garantir a disponibilidade adequada de nutrientes (Figura 1). Isso, geralmente é feito com a calagem que, além de deixar o pH em níveis adequados, precipita o alumínio trocável, geralmente tóxico às plantas. A classificação química (valores de pH considerados ácidos, neutros e básicos) e agronômica (classificação do pH exigido para à disponibilização adequada de nutrientes) são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1. Classes de interpretação para acidez ativa do solo (pH em H₂O, relação 1:2,5, Terra Fina Seca ao Ar: H₂O)

Classificação química						
Acidez Muito Elevada < 4,5	Acidez elevada 4,5 - 5,0	Acidez média 5,1 - 6,0	Acidez fraca 6,1 - 6,9	Neutra 7,0	Alcalinidade fraca 7,1 - 7,8	Alcalinidade elevada > 7,8
Classificação Agronômica						
Muito baixo < 4,5	Baixo 4,5 - 5,4	Bom 5,5 - 6,0	Alto 6,1 - 7,0	Muito Alto > 7,0		

Fonte: Ribeiro; Guimarães; Álvarez (1999)

No Manual da Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais (CFSEMG) - Quinta Aproximação encontram-se as classificações quanto à adequação ou não dos atributos químicos do solo ao sistema de produção de soja (Tabela 2).

TABELA 2. Classes de interpretação de fertilidade do solo para a matéria orgânica e o complexo de troca catiônica.

Característica	Unidade	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito Bom
Carbono orgânico (C.O.)	dag/kg	≤ 0,40	0,41 – 1,16	1,17 – 2,32	2,33 – 4,06	> 4,6
Matéria orgânica (M.O.)	dag/kg	≤ 0,70	0,71 – 2,00	2,01 – 4,00	4,01 – 7,00	> 7,00
Cálcio trocável (Ca ²⁺)	Cmolc dm ⁻³	< 0,40	0,41 – 1,20	1,21 – 2,40	2,41 – 4,00	> 4,00
Magnésio trocável (Mg ²⁺)	Cmolc dm ⁻³	< 0,15	0,16 – 0,45	0,46 – 0,90	0,91 – 1,50	> 1,50
Acidez trocável (Al ³⁺)	Cmolc dm ⁻³	≤ 0,20	0,21 – 0,50	0,51 – 1,00	1,01 – 2,00	> 2,00
Soma de bases (SB)	Cmolc dm ⁻³	≤ 0,60	0,61 – 1,80	1,81 – 3,60	3,61 – 6,00	> 6,00
Acidez potencial (H + Al)	Cmolc dm ⁻³	≤ 1,00	1,01 – 2,50	2,51 – 5,00	5,01 – 9,00	> 9,00
CTC Efetiva (t)	Cmolc dm ⁻³	< 0,80	0,81 – 2,30	2,31 – 4,60	4,61 – 8,00	> 8,00
CTC pH 7 (T)	Cmolc dm ⁻³	< 1,60	1,61 – 4,30	4,31 – 8,60	8,61 – 15,00	> 15,00
Saturação por Al ³⁺ (m)	%	≤ 15,0	15,1 – 30,0	30,1 – 50,0	50,1 – 75,0	> 75,0
Saturação por bases (V)	%	< 20,0	20,1 – 40,0	40,1 – 60,0	60,1 – 80,0	> 80,0

Fonte: Ribeiro; Guimarães; Álvarez (1999).

Quanto aos atributos químicos de fósforo e fósforo remanescente (P-rem) as classificações dependem dos teores de argila (%) encontrados no solo (Tabela 3), juntamente com a classificação para potássio.

TABELA 3. Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de fósforo remanescente (P-rem) e para o potássio

Característica	Classificação				
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito Bom
-----mg dm ⁻³ -----					
Argila (%)	Fósforo disponível (P)				
60 - 100	≤ 2,7	2,8 – 5,4	5,5 – 8,0	8,1 – 12,0	> 12,0
35 - 60	≤ 4,0	4,1 – 8,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	> 18,0
15 - 35	≤ 6,6	6,7 – 12,0	12,1 – 20,0	20,1 – 30,0	> 30,0
0 - 15	≤ 10,0	10,1 – 20,0	20,1 – 30,0	30,1 – 45,0	> 45,0
P -rem (mg/L)					
0 - 4	≤ 3,0	3,1 – 4,3	4,4 – 6,0	6,1 – 9,0	> 9,0
4 - 10	≤ 4,0	4,1 – 6,0	6,1 – 8,3	8,4 – 12,5	> 12,5
10 - 19	≤ 6,0	6,1 – 8,3	8,4 – 11,4	11,5 – 17,5	> 17,5
19 - 30	≤ 8,0	8,1 – 11,4	11,5 – 15,8	15,9 – 24,0	> 24,0
30 - 44	≤ 11,0	11,1 – 15,8	15,9 – 21,8	21,9 – 33,0	> 33,0
44 - 60	≤ 15,0	15,1 – 21,8	21,9 – 30,0	30,1 – 45,0	> 45,0
Potássio disponível (K)					
	≤ 15	16 – 40	41 – 70	71 – 120	> 120

Fonte: Ribeiro; Guimarães; Álvarez (1999).

Além da mensuração quanto à adequação dos atributos químicos do solo ao sistema produtivo existe a necessidade de se definir as doses de adubos ou corretivos a serem aplicados. Quanto à calagem, os cálculos de aplicação deverão ser feitos de forma a corrigir o pH do solo a níveis adequados, enquanto para correção dos atributos químicos do solo deverá ser considerada a extração de cada cultura e a produtividade desejada.

Quanto à aplicação da adubação nitrogenada em soja, de acordo com o manual da CFSEMG, ela deve ser desencorajada tendo em vista estudos que comprovam a

interferência na nodulação das raízes quanto a presença de adubos minerais nitrogenados. Dessa forma, recomenda-se o uso intensivo da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), através da relação simbiótica entre bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* e a soja (RIBEIRO; GUIMARAES; ALVAREZ, 1999).

Quanto aos micronutrientes, a análise do solo serve como subsídio para determinação da necessidade ou não de aplicação. No entanto, a melhor forma de se garantir que não ocorra indisponibilidade de tais nutrientes é a manutenção do pH do solo em níveis adequados conforme a Tabela 1 e a aplicação via foliar a partir da constatação de deficiências na planta em amostragens. Na Tabela 4 é apresentada a interpretação dos resultados de micronutrientes no solo, de acordo com diferentes autores.

TABELA 4. Faixas de disponibilidade consideradas adequadas na interpretação de análise de solos para micronutrientes, segundo diferentes autores, utilizando o extrator Mehlich I

Micronutrientes	Alvarez <i>et al.</i> (1999)	Galrão (1999)	Sousa e Lobato (1996)
-----mg dm ⁻³ -----			
B	0,36-060	0,3-0,5	0,5
Cu ²⁺	0,8-1,2	0,5-0,8	0,5
Fe ²⁺	19-30	-	-
Mn ²⁺	6-8	2-5	5
Zn ²⁺	1,0-1,5	1,1-1,6	1

2.5 Rotação de culturas

A rotação de culturas é uma prática indispensável para o manejo sustentável de uma propriedade agrícola evitando a exaustão de nutrientes do solo, reduzindo inóculo de doenças e populações de insetos pragas, dentre inúmeras outras vantagens. Dessa forma, embora predominem monocultivos que se sucedem por vários anos, a rotação com outras culturas, preferencialmente que gerem receitas, é extremamente importante e vários estudos têm sido desenvolvidos com o intuito de avaliar as culturas mais adequadas a serem utilizadas em rotação e seus benefícios.

Na comparação de espécies vegetais para cobertura do solo no Norte do Estado do Rio de Janeiro, Lima (2002) verificou que o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) apresentou maior velocidade inicial de cobertura, atingindo 100% aos 40 dias após a emergência enquanto o guandu, o teosinto e o sorgo não atingiram 50% de cobertura durante o período de inverno. Com relação ao acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio, o tremoço branco (*Lupinus albus*) acumulou 1,85 vezes mais nitrogênio que o milheto e duas vezes mais

nitrogênio que a testemunha. A aveia preta (*Avena strigosa*) e o milheto (*Pennisetum glaucum*) acumularam 27 e 84% mais fósforo em comparação com a testemunha e o tremoço branco. Com relação ao acúmulo de potássio, observou-se que o milheto e a testemunha acumularam 1,89 vezes mais potássio em comparação ao sorgo e ao tremoço branco. Além disso, o nabo forrageiro, a aveia preta e o milheto reduziram significativamente o número e o peso de matéria seca das plantas daninhas.

Perin *et al.* (2004), avaliando o acúmulo de nutrientes e a fixação biológica de nutrientes de milheto e crotalária (*Crotalaria juncea*) na Zona da Mata mineira, observaram que a crotalária apresentou maior produção de fitomassa (108 % maior que a vegetação espontânea e 31 % superior à do milheto). No consórcio crotalária + milheto, a leguminosa contribuiu com 65 % da massa de matéria seca total e resultou em maiores teores de nitrogênio e cálcio enquanto o milheto e ervas espontâneas apresentaram maiores teores de potássio. O acúmulo de fósforo e magnésio foi fortemente influenciado pela produção de fitomassa atingindo valores elevados quando presente a crotalária enquanto nitrogênio e cálcio resultaram tanto de maiores teores quanto da maior produção de fitomassa nos tratamentos com a leguminosa. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) foi 61 % na leguminosa quando consorciada (incorporação de 89 kg ha⁻¹) e 57 % quando isolada (incorporação de 173 kg ha⁻¹).

Silva e Rosolem (2001) estudaram a compactação subsuperficial do solo no crescimento radicular de seis espécies para cobertura em sistemas de semeadura direta (aveia preta, guandu, milheto, mucuna preta, sorgo granífero e tremoço azul) em Latossolo Vermelho-Escuro de textura franco-arenosa. Para isso, cultivaram as espécies em vasos durante 37 a 39 dias com três densidades de solo aplicadas: 1,12; 1,36 e 1,60 mg m⁻³ na profundidade de 15 cm. A partir dos experimentos, levando em consideração a produção de matéria seca, comprimento e diâmetro das raízes em cada camada do vaso bem como a matéria seca da parte aéreas das plantas, concluíram que as densidades do solo em estudo não impediram o crescimento de raízes de aveia preta, guandu, milheto, mucuna preta, sorgo e tremoço azul indicando que a densidade crítica para essas espécies é superior a 1,6 mg m⁻³ (1,22 MPa). De acordo com o trabalho, nessas condições de densidade do solo, o milheto foi a espécie mais indicada para cobertura por suas características de produção de matéria seca e crescimento radicular.

Quanto à cultura do milho, Scivittaro *et al.* (2000), em estudos com fontes de nitrogênio, observaram que, na parte aérea, a utilização de mucuna preta associada a 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio (uréia) promoveu o maior aproveitamento de N da uréia

proporcionado pela associação entre mucuna-preta e uréia comparativamente ao uso exclusivo de adubo verde. Concluíram que o aproveitamento de nitrogênio da uréia pelo milho foi maior que o da mucuna-preta, tendo sido os melhores efeitos proporcionados pela combinação das duas fontes.

2.6 Análise geoestatística

A geoestatística é uma ferramenta utilizada para avaliar o efeito de observações vizinhas entre si para determinadas variáveis, diferente de métodos clássicos que consideram que há independência entre as mesmas. Alguns fenômenos naturais ocorrem com certa estruturação em que observações realizadas em um ponto podem estar associadas de alguma forma com as observações vizinhas (GUIMARÃES, 2004).

Aí reside a importância da geoestatística, que permite avaliar a distribuição espacial de variáveis dependentes entre si espacialmente e montar mapas de distribuição espacial por processo de krigagem dependendo do comportamento da variável em estudo. Esse comportamento é definido a partir de semivariogramas que são ajustados de acordo com os dados obtidos em áreas em que se tenha as coordenadas espaciais dos pontos amostrados. O semivariograma é composto por eixos ordenados x e y sendo o eixo x a distância entre as amostras e y a semivariância. A distância entre amostras é obtida em função das coordenadas geográficas de latitude e longitude.

Na modelagem do semivariograma a um dos modelos geoestatísticos, a saber, o gaussiano, o esférico e o exponencial, três estimativas são importantes que são o alcance, o efeito pepita e o patamar. O alcance nada mais é que a distância h a partir da qual $\gamma(h)$ se torna aproximadamente constante (a), o patamar é o valor de $\gamma(h)$ constante ($C_0 + C$) e o efeito pepita (C_0) é a distância da origem ao início da curva característica de cada modelo devido a erros amostrais, laboratoriais, etc. (GUIMARÃES, 2004).

Embora a geoestatística na agricultura tenha sido utilizada inicialmente para aplicação de doses diferenciadas de adubos e corretivos de solo em doses adequadas, vários trabalhos têm sido desenvolvidos para avaliar a dependência espacial de pragas, doenças, atributos físicos e químicos do solo, produtividade e vários outros fatores. Esses trabalhos são utilizados principalmente na agricultura de precisão e buscam definir a dependência ou independência espacial de uma determinada variável para auxiliar em estudos futuros.

Dentre esses trabalhos, encontra-se o de Alves *et al.*, (2006) que utilizaram técnicas de geoestatística para avaliar a distribuição espacial de antracnose e ramularia, duas doenças associadas a *Colletotrichum* spp.; o de Zucoloto *et al.* (2009) que avaliaram a distribuição espacial utilizando krigagem indicatriz do Mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *cubense*) em cultivo comercial de bananeira em Aracruz (estado do Espírito Santo); o de Carvalho (2008) que estudou a distribuição espacial de doenças do feijoeiro comum e da soja e a sua relação com a fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas, observando padrão agregado para o mofo-branco, para o complexo de doenças de final de ciclo da soja e para o nematoide do cisto da soja, relação negativa da severidade das doenças de final de ciclo da soja com o potássio e com o fósforo e positiva para cálcio no solo e correlação significativa negativa da severidade com os teores foliares de fósforo, magnésio e enxofre. Quanto ao nematoide do cisto, observou relação com o potássio, o fósforo e o magnésio do solo; o de Almeida *et al.* (2011) que avaliaram a dependência espacial de *Phytophthora nicotianae* em cebola (*Allium cepa* L.) por meio da geoestatística e testaram resistência de cultivares sob sistema convencional de cultivo ao fungo. Observaram, pelos resultados, que não houve dependência espacial, revelando que a área de estudo apresentava uma distribuição agregada do patógeno; o de Roberto *et al.* (2002) que estudaram a distribuição espacial da clorose variegada dos citros e observaram que o modelo que mais se ajustou aos dado foi o esférico e que a incidência da doença aumentou em períodos onde as plantas se encontravam em desenvolvimento vegetativo, período no qual a ocorrência de insetos vetores é mais frequente; o de Leal *et al.* (2010) que estudaram a distribuição espacial e a expansão de *Huanglongbing* (greening) em talhões de citros em Araraquara - SP durante 3 meses e observaram que a dependência espacial de plantas com a doença apresentou distribuição agregada e que o foco inicial da doença ocorreu nos limites da fazenda com a posterior expansão por toda a fazenda.

Outros trabalhos foram conduzidos para avaliação da distribuição espacial de insetos praga como *Mahanarva fimbriolata* Stål (cigarrinha das raízes) em cana-de-açúcar (DINARDO-MIRANDA *et al.*, 2007), Tripes (*Thrips tabaci* Lindeman, 1888) (RIBEIRO JÚNIOR *et al.*, 2009) e *Spodoptera frugiperda* Smith associada a perdas de produtividade na cultura do milho (FARIAS *et al.*, 2008).

Já Riffel *et al.* (2012) estudaram a distribuição espaço-temporal de lagartas desfolhadoras na cultura da soja e a densidade amostral aplicada ao monitoramento georeferenciado das mesmas, o que pode ser uma alternativa potencial para utilização no manejo integrado de pragas. De acordo com os autores, os resultados obtidos indicam que

as grades amostrais avaliadas de 50x50m, 71x71 m e 100x100 m permitem caracterizar a distribuição espacial das lagartas e modelar a sua variabilidade espacial na cultura da soja. Grego *et al.* (2006) ao estudarem a distribuição espacial da lagarta do trigo *Pseudaletia sequax* Franclemont em triticale (*Triticum secale* Wittmack), também observaram dependência espacial (amostragem em 302 pontos num reticulado quadrado de 10 × 10 m) para população de lagartas pela contagem do número de lagartas por metro. Observaram ainda dependência espacial para cobertura da parte aérea (kg ha^{-1}), a altura média (m) de plantas e a porcentagem de cobertura vegetal após a colheita mecanizada. Evidenciou-se a partir do trabalho a distribuição espacial da lagarta de forma agregada na cultura de triticale.

Corá *et al.* (2006) avaliaram a distribuição espacial de atributos do solo por mapas de isolinhas antes e após calagem e fosfatagem em área de cultivo de cana-de-açúcar e Chiba *et al.* (2010) avaliaram a variabilidade espacial de atributos químicos em área de Sistema de Plantio Direto (SPD).

Guimarães *et al.* (2010), com auxílio da estatística descritiva e técnicas de geoestatística, avaliaram a porosidade, a densidade e o armazenamento de água de um Nitossolo Vermelho distroférrico, observando que a porosidade ocorre de forma aleatória na propriedade sob cultivo de feijoeiro irrigado. A densidade apresentou moderado grau de dependência espacial e o padrão espacial do armazenamento de água não foi alterado por aplicação de lâmina de água. Gomes *et al.* (2007) avaliaram a dependência espacial do volume total de poros, condutividade hidráulica saturada, porosidade drenável e conteúdo volumétrico na capacidade de campo na bacia hidrográfica do Ribeirão Marcela com domínio de latossolos. Silva Junior *et al.* (2012) em simulação geoestatística na caracterização espacial de óxido de ferro em diferentes pedoformas concluiu que a krigagem ordinária não refletiu a distribuição espacial de óxidos de ferro, hematita e goethita sendo mais apropriadas as simulações sequenciais gaussianas.

Oliveira *et al.* (2011) analisaram a variabilidade espacial da produtividade de soja, atributos físicos (densidade de solo e infiltração de água no solo) e químicos (pH, soma de bases e saturação por bases) do solo no município de Campinas.

Silva e Lima (2009) estudaram o sistema de classificação Fuzzy na integração dos valores de atributos químicos do solo em área de cultivo de café arábica variedade catuaí, o que permitiu visualizar mudanças gradativas das classes de fertilidade do solo. Scarpari e Beauclair (2008) avaliaram a distribuição espaço-temporal do índice de área foliar (IAF) e do teor de sólidos solúveis (*Brix*) na cultura da cana-de-açúcar, em Piracicaba. Johann *et*

al. (2010) avaliaram a distribuição espacial de rentabilidade, perdas nas colheitas manual e mecânica e produtividade do feijoeiro.

Já Campos *et al.* (2012), em área de cultivo de mandioca, avaliaram a distribuição espacial da resistência do solo à penetração e do teor de umidade do solo em diferentes profundidades. Por outro lado, Silva *et al.* (2010) estudaram a variabilidade espacial de atributos químicos do solo, granulometria, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEES) e teor de sódio (Na^+), e variáveis de crescimento da cultura, diâmetro caulinar e altura de plantas de mamoneira (*Ricinus communis*) e Queiroz *et al.* (1999) utilizaram a geoestatística para estudar a variabilidade espacial da porosidade drenável de um solo de várzea.

Já Lima *et al.* (2010) estimaram número de subamostras de solo e determinaram a variabilidade espacial de atributos químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa em uma área de vegetação natural em processo de regeneração. Bottega *et al.* (2013) analisaram a variabilidade espacial de atributos químicos e textura do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado em Latossolo Vermelho distroférrico. Carvalho *et al.* (2010) avaliaram a dependência espacial de atributos físicos e químicos aplicando a geoestatística uni e multivariada em Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico da formação Barreiras. Pereira *et al.* (2011) estudaram a variabilidade espacial de fósforo, potássio, cálcio e magnésio do solo em área a ser implantado cultivo de eucalipto. Oliveira Junior (2011) avaliou a variabilidade espacial de atributos químicos, físicos e mineralógicos de solo originado da Formação Guabirotuba. Campos *et al.* (2007) avaliaram a variabilidade espacial de textura de solos de diferentes materiais de origem em Pereira Barreto.

Quanto aos métodos de interpolação utilizados, Teixeira *et al.* (2009), ao avaliarem a distribuição de atributos químicos do solo, constataram que para cálcio, magnésio, saturação por bases e Capacidade de troca catiônica (CTC) o método de simulação sequencial Gaussiana promoveu uma representação mais eficiente enquanto Soma de Bases e H + Al foram estimados com melhor eficácia por krigagem indicatrix. Silva *et al.* (2010) avaliaram os métodos de interpolação por krigagem, inverso do quadrado da distância e polinomial na representação da variabilidade espacial do pH do solo no manejo orgânico e convencional na cultura do cafeiro. De acordo com os autores o método de krigagem e do inverso do quadrado da distância apresentaram menor erro na estimativa dos dados e o de krigagem apresentou, ainda, menor variação em torno da média nos diferentes manejos.

Em estudos agroecológicos, Gonçalves *et al.* (2005) analisaram a dependência espacial dos atributos químicos de solo (pH, cálcio, magnésio, alumínio e H + Al) em área de pastagem do sistema integrado de produção agroecológica. Constataram forte dependência espacial para todos os atributos com exceção do alumínio e ressaltaram a possibilidade de melhorias no sistema com a utilização da geoestatística.

Já Silva *et al.* (2009 a) estudaram a variabilidade espacial do carbono orgânico total e carbono solúvel em água do solo sob manejo orgânico em duas profundidades de amostragem. Nas duas profundidades avaliadas houve dependência espacial e ajuste de semivariogramas experimentais ao modelo esférico. Por outro lado, Brito *et al.* (2010) estudaram o efeito da distribuição espacial de emissão de CO₂ e verificaram ajustes esféricos e exponenciais para a variável em estudo.

Mello *et al.* (2005) fizeram ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando estimativa volumétrica de eucalipto (*Eucalyptus grandis*). Avaliaram quatro métodos de ajuste aplicados a dois modelos de função de semivariância, a partir das técnicas de validação cruzada e preditiva e do critério de Akaike (Akaike's Information Criterion - AIC). De acordo com os resultados obtidos, dentre as técnicas de seleção, o modelo exponencial e o método da máxima verossimilhança tiveram melhor desempenho. A validação cruzada e a preditiva indicaram o mesmo modelo e o mesmo método de ajuste com melhor desempenho. Sugeriram, dessa forma, o uso conjugado do critério de AIC e validação cruzada para a seleção de modelos espaciais.

Quanto aos benefícios da utilização da geoestatística, Della Justina *et al.* (2010) ao compararem a quantidade de calcário aplicado a taxa variada com a metodologia convencional, observaram redução na quantidade de calcário aplicado na ordem de 73% encontrando na área estudada grau moderado de dependência espacial entre os pontos amostrados. Souza *et al.* (2007) também avaliaram as técnicas de aplicação localizada e em taxas variadas de insumos agrícolas com auxílio da geoestatística mostrando a aplicação da geoestatística como técnica que possibilita uma precisa descrição dos atributo do solo, permite a definição de zonas de manejo e indica os locais de déficit e excesso de nutrientes.

Quanto a produtividade, Motomiya *et al.* (2011) avaliaram a variabilidade espacial de atributos químicos do solo e de produtividade do algodoeiro no cerrado brasileiro e observaram que a maioria dos fatores de produção da cultura apresentam dependência espacial com exceção de maças retidas (parâmetro de produção) e de fósforo no solo.

Quanto a aplicação de agrotóxicos, Nicolella *et al.* (2005) utilizaram a geoestatística para estudar o comportamento do herbicida tebuthiuron, utilizado na cultura da cana-de-açúcar, em Neossolo Quartzarênico, Latossolo Vermelho distroférreo e Latossolo Vermelho distroférreo, texturas média e argilosa e concluíram a adequação do modelo de simulação de destino de agrotóxicos CMLS (Chemical Movement in Layered Soils) para o Neossolo Quartzarênico e para o Latossolo Vermelho-distrófico.

Roman *et al.* 2007 estudaram a variabilidade espacial do número médio de perfis e rendimento da cultura de trigo em Cáscavel (PR). Observaram que ocorreram diferenças no número de perfis médios aos 30 e 60 dias após semeadura, em função do excesso de chuva em curto intervalo de tempo. No número médio de perfis aos 30 e 60 dias após emergência houve respectivamente fraca e forte dependência espacial. Para rendimento houve moderada dependência espacial, existindo correlação espacial entre as variáveis.

Já Silva e Lima (2012) estudaram a variabilidade espacial do estado nutricional e da produtividade de café arábica utilizando técnicas de análise de componentes principais (ACP) e geoestatística. Concluíram que a associação dessas técnicas permitiu um estudo eficiente do estado nutricional das plantas e que o excesso de nitrogênio e cobre foliar foram limitantes à produtividade quando os demais nutrientes estavam em concentração adequada. Rodrigues, Corá e Fernandes (2012) estudaram o efeito da distribuição dos atributos físicos e químicos do solo e da produtividade da cultura do milho. Concluíram que os padrões de distribuição espacial de atributos do solo explicaram 65 % do padrão de distribuição espacial da cultura e que os teores de argila e a porcentagem de saturação por bases foram os que melhor explicaram o padrão de distribuição espacial da produtividade do milho. Já Farias *et al.* (2010) estudaram a dependência espacial do crescimento radicular da variedade RB 92 579 de cana-de-açúcar em área submetida a diferentes níveis de irrigação (sequeiro, 50, 75, 100 e 125 % da ETc). Observaram que o crescimento radicular tem dependência espacial de moderada a forte com alcance entre 23 a 28 cm de acordo com o tratamento.

Alvarenga *et al.* (2011) estudaram a distribuição espacial da condutividade hidráulica saturada (K_0) na bacia hidrográfica do Alto Rio Grande utilizando, na construção dos mapas, os valores reais e em escala logarítmica. Observaram que o mapa dos dados na forma transformada teve melhor detalhamento da distribuição espacial e que o modelo que produziu melhor modelagem da continuidade espacial de K_0 foi o esférico. Já Cavalcante *et al.* (2010) estudaram a distribuição espacial de densidade dos solo, resistência à penetração e teor de água no solo.

Dessa forma, como se constata pelo grande número de trabalhos utilizando a geoestatística, essa ferramenta tem auxiliado no entendimento da distribuição de inúmeros fatores químicos, físicos e biológicos e permitido avaliar se existe ou não dependência espacial de variáveis em estudo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de solo e raízes georeferenciadas da Agropecuária Rio Preto localizada no município de Paracatu/MG, com cultivo de soja, foram coletadas no mês de abril de 2013 em duplicata na profundidade de 0-20 cm em malha, com auxílio de GPS da marca Juno e *Datum WGS 84*, totalizando cerca de uma amostra por hectare em nove áreas de pivô com tamanho total de 831,01 hectares (Tabela 5). A empresa de agricultura de precisão responsável por esse procedimento foi a Terrena Agronegócios que, após a coleta, enviou uma das amostras de cada ponto para o seu laboratório de análises químicas e outra para o Laboratório de Nematologia (LANEM) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) para análise nematológica. Após a análise nematológica, o restante do solo foi enviado para o Laboratório de Manejo e Conservação de Água e Solo (LAMAS) da UFU para análise granulométrica e mensuração de areia, silte e argila total de cada amostra.

A distribuição da área de amostragem foi feita em função dos pivôs instalados ao longo da propriedade que são nove de acordo com descrição feita na Tabela 5.

TABELA 5. Identificação das áreas, tamanho de cada área, número de amostras coletadas e coordenadas geográficas médias

Pivôs	Tamanho (ha)	Número de amostras	Coordenadas médias	
			Latitude	Longitude
01	99,46	98	16,856365 S	46,367414 W
02	102,78	102	16,854886 S	46,377541 W
03	102,62	103	16,857902 S	46,385038 W
04	105,35	105	16,863906 S	46,374991 W
05	31,11	30	16,862926 S	46,365769 W
06	101,70	99	16,868108 S	46,391812 W
07	91,44	93	16,871283 S	46,381970 W
08	104,00	102	16,875717 S	46,399568 W
09	92,56	94	-16,877915	-46,389535

No momento da coleta das amostras além da soja, cultura predominante em cultivos subsequentes, outras culturas eram cultivadas (Tabela 6).

TABELA 6. Últimas culturas instaladas e próximas culturas a serem instaladas por área de pivô.

Cultura	Área de pivô								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Última	Soja	Soja	Milho	Milho	Soja	Milheto	Soja	Soja	Soja
Próxima	Soja	Soja	Soja	Soja	Soja	Milho	Milho	Milho	Milho

Outro fator a ser levado em consideração refere-se à disposição das áreas de pivô central (Figura 2).



FIGURA 2. Foto de satélite da propriedade obtida pelo google earth com disposição dos pivôs (à direita) e croqui da disposição dos pivôs (à esquerda) em que: A) área de pivô 01; B) área de pivô 02; C) área de pivô 03; D) Área de pivô 04; E) área de pivô 05; F) área de pivô 06; G) área de pivô 07; H) área de pivô 08 e I) área de pivô 09. Fonte: Terrena Agricultura de precisão.

A coleta das amostras de solo foi feita em malhas regulares totalizando aproximadamente 1 amostra por hectare sendo a disposição dos locais de coleta exemplificada na Figura 3.

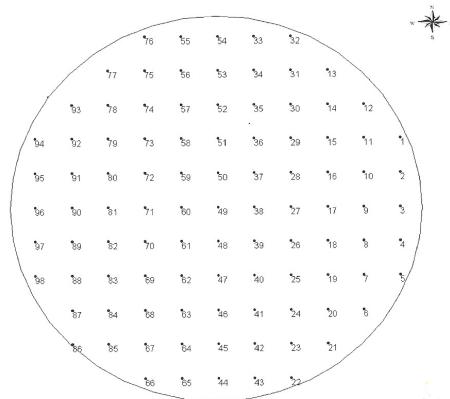


FIGURA 3. Pontos de coleta de amostras georeferenciadas de solo na área de pivô 01.

3.1 Caracterização geográfica de Paracatu

O município de Paracatu-MG, com população de cerca de 84.687 habitantes, possui latitude de 17° 13' 21" sul e longitude de 46° 52' 31" oeste, tamanho de 8.229,59 km², 696 m de altitude e clima tropical com estação seca que pela classificação de Köppen-Geiger é Aw.

3.2 Estrutura trófica da nematofauna

3.2.1 Processamento do solo

O solo foi separado das raízes e homogeneizado para retirada de uma alíquota de 150 cm³ de solo que foi colocada em um recipiente e em seguida adicionou-se de 1 a 2 L de água desmanchando-se os torrões. A suspensão obtida foi agitada, ficou em repouso por 15 s e verteu-se a mesma em um conjunto de peneiras sobrepostas de 20, 100 e 400 mesh respectivamente. O resíduo na peneira de 20 mesh foi descartado.

O resíduo na peneira de 100 mesh foi retirado com auxílio de jatos de água de uma pisseta para um copo. A suspensão foi adicionada a um funil plástico contendo papel de filtro dobrado de forma cônica. Após a passagem da água pelo papel de filtro, o mesmo foi aberto em lupa para avaliação da presença e quantificação de cistos nas amostras.

O conteúdo da peneira de 400 mesh foi recolhido com auxílio de jatos de água de uma pisseta e, posteriormente, a suspensão foi distribuída em tubos de centrífuga para execução da técnica de flutuação centrífuga em solução de sacarose proposta por Jenkins (1964). A centrifugação ocorreu por 5 min a 650 gravidades e o sobrenadante descartado. Adicionou-se então a solução de sacarose ao tubo de centrífuga, homogeneizou-se para obter a suspensão que foi novamente centrifugada por 1 min a 650 gravidades. Após esse processo, o sobrenadante foi vertido em peneira de 500 mesh e o conteúdo da mesma recolhido para um copo observando-se um volume máximo de 40 mL de suspensão para leitura na câmara de contagem sob microscópio óptico.

Com relação à estrutura trófica da nematofauna, houve a classificação quanto ao hábito de alimentação, baseado na morfologia do estoma e esôfago em cinco grupos: parasitos de plantas ou fitófagos (PP), bacteriófagos (B), micófagos (M), predadores (P) e onívoros (O) conforme Yeates *et al.* (1993). Quanto aos nematoides parasitos de plantas,

determinaram-se os gêneros e espécies presentes. Na Figura 4 são mostradas fotos representativas das diferenças do aparelho bucal dos diferentes grupos tróficos.

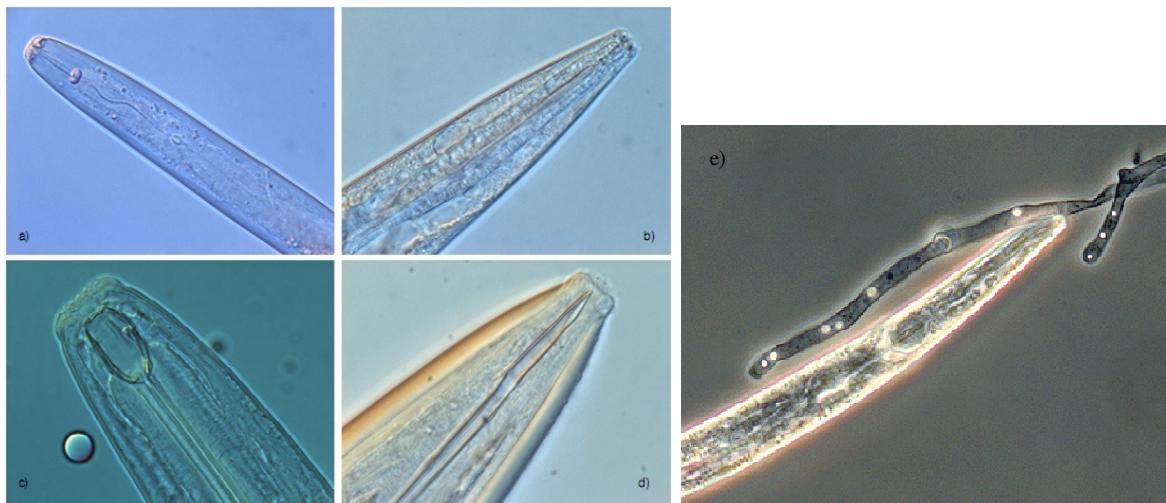


FIGURA 4. Região anterior de nematoide a) parasito de planta, b) bacteriófago, c) predador, d) onívoro (Fotos: Hanny van Megen, Wageningen University) e e) micófago. Adaptado de: Nematologia Brasil (disponível em: http://nematobrasil.blogspot.com.br/2011_05_01_archive.html) Acesso em 28 de março de 2014).

3.2.2 Processamento das raízes

As amostras de raízes foram separadas do solo, lavadas, pesadas e processadas pela técnica do liquidificador doméstico triturando-se o material em solução de hipoclorito de sódio de 0,5 % de cloro ativo, na menor velocidade do equipamento, por cerca de 30 s. Terminado o processo, o conteúdo do copo do liquidificador foi vertido em um conjunto de peneiras sobrepostas de 60 e 500 mesh, respectivamente. O resíduo da peneira de 60 mesh foi descartado e o da de 500 mesh foi recolhido com auxílio de uma pisseta para um copo. Procedeu-se aoclareamento da suspensão, sempre que necessário pela técnica da flutuação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964).

3.3 Determinação de areia, silte e argila total

A determinação de areia, silte e argila total foi feita pelo método da pipeta com dispersão química feita por NaOH a 0,1 N e dispersão física com esferas de aço de 3/16". Para isso, pesou-se 20 g de solo e adicionou-se 50 mL a solução de NaOH e as esferas em número de 10 por amostra. Procedeu-se a agitação por 12 h em agitador horizontal a 220 rpm e em seguida passou-se a suspensão obtida por um conjunto de peneiras sobrepostas de

0,210 mm e 0,053 mm para separação das partículas de areia grossa e areia fina, respectivamente. O conteúdo das peneiras foi retirado com auxílio de uma pisseta e colocado em copos de alumínio devidamente identificados que foram levados à estufa a uma temperatura de 100 a 105 °C por 12 h. A suspensão que passou pelo conjunto de peneiras foi recolhida em um bêquer e transferida para uma proveta de 1000 mL que foi devidamente preenchida posteriormente. A suspensão obtida foi então agitada com haste metálica com base circular perfurada para proceder ao processo de homogeneização. Após esse processo, esperou-se cerca de 4 minutos e pipetou-se uma alíquota de 25 mL que foi colocada em porcelana e levada à estufa à temperatura de 100 a 105 °C por 12 h. Após 3 h e 30 min a 4 horas, procedeu-se uma segunda coleta de 25 mL, observando-se os mesmos procedimentos adotados para a primeira coleta. Para o cálculo do tempo necessário das coletas, utilizou-se a lei de Stokes apresentada a seguir:

$$t = (9h\eta) / [2(Dp - Df)gr^2] \quad (1)$$

Onde:

t = tempo de sedimentação (s);

h = profundidade de coleta;

η = viscosidade da água (poises) - tabelado em função da temperatura da água;

Dp = densidade de partículas (g cm^{-3});

Df = densidade da água (g cm^{-3}) - tabelado em função da temperatura da água.

A densidade de partículas foi calculada pela técnica do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997) pesando-se 20 g de Terra Fina Seca em Estufa (TFSE) por 12 h a 100-105 °C em balão volumétrico de 50 mL. Em seguida adicionou-se 25 mL de álcool absoluto ao balão e agitou-se o mesmo por 1 min em agitador de tubos. Vedou-se o balão e esperou-se um período de 15 min antes de preencher o balão até a marcação de 50 mL. O volume de álcool gasto foi anotado e o cálculo de Densidade de partículas (Dp) feito a partir da seguinte equação:

$$Dp = 20 / 50-L \quad (2)$$

Onde:

D_p = Densidade de partículas;

L = Volume de álcool gasto.

A densidade de partículas não foi calculada para todas as amostras. Fez-se aproximadamente uma análise a cada 10, com seleção das amostras nos extremos de cada pivô da propriedade (Tabela 7). Os valores médios da *D_p* de cada pivô foram utilizados para cálculo dos tempos de pipetagem da análise textural do respectivo pivô.

TABELA 7. Amostras utilizadas em cada área de pivô para determinação de Densidade de Partículas (*D_p*)

Área	Amostras
Pivô 01	1, 17, 22, 33, 35, 49, 58, 71, 86,92
Pivô 02	1, 14, 23,24, 35 50, 57, 77, 98, 102
Pivô 03	1, 19, 26, 31, 59, 64, 76, 94
Pivô 04	1, 4, 11, 41, 47, 64, 74, 100, 105
Pivô 05	1, 15, 29
Pivô 06	1, 8, 20, 35, 46, 51, 74, 79, 88, 95
Pivô 07	1, 12, 20, 44, 47, 73, 81, 89, 93
Pivô 08	1, 8, 27, 37, 55, 60, 90, 94, 97, 102
Pivô 09	1, 6, 13, 42, 49, 54, 64, 75, 82, 91

3.4 Determinação dos atributos químicos do solo

As análises químicas de solo foram feitas de acordo com as metodologias laboratoriais do PROGRAMA INTERLABORATORIAL DE CONTROLE DE QUALIDADE DE ANÁLISE DE SOLO - PROFERT MG (2005), sendo utilizados os seguintes extractores:

- P, K⁺, Fe²⁺, Zn²⁺, Mn²⁺ e Cu²⁺: Extrator Mehlich I;
- Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: Extrator KCl 1 mol L⁻¹;
- H+Al: Extrator SMP;
- P-rem: Concentração de P da solução de equilíbrio após agitar durante 1h a TFSA com solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹, contendo 60 mg L⁻¹ de P, na relação 1:10;
- S: Extrator Fosfato monocálcico em ácido acético;
- Matéria Orgânica: Oxidação com Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10 N;
- B⁺: Extrator água quente.

Com relação a boro (B^+), zinco (Zn^{2+}), cobre (Cu^{2+}), Ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), enxofre (S) e teor de matéria orgânica, fez-se análise apenas para 1 ponto a aproximadamente cada 10 nas malhas de coleta de amostras, de forma a determinar se os teores estavam ou não adequados. Para fósforo (P), magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}), fósforo remanescente (P-rem), potássio (K^+), H + Al e alumínio (Al^{3+}) todos os pontos foram avaliados para utilização da geoestatística na determinação de dependência ou independência espacial.

Calculou-se ainda, a partir dos resultados obtidos: a soma de bases (SB) somando-se Ca^{2+} com K^+ e Mg^{2+} ; a CTC efetiva (t) somando-se a SB com Al^{3+} ; a CTC a pH 7,0 (T) somando-se SB + (H + Al) e saturação por bases (V %), dividindo-se a SB por CTC (T) e multiplicando-se o resultado por 100.

3.4.1 pH em água

Mediu-se 10 cm³ de TFSA em frasco de 50 mL e adicionou-se 25,0 mL de H₂O. Agitou-se a amostra com o auxílio de agitador horizontal por 5 min a 200 rpm e deixou-se a suspensão em repouso por 30 a 60 min. Agitou-se a amostra antes de mergulhar o eletrodo na suspensão homogeneizada e procedeu-se a leitura do pH em potenciômetro devidamente calibrado com soluções-padrão de pH 4,0 e 7,0.

3.4.2 H + Al

Mediu-se 5 cm³ de TFSA em erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 75 mL de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0. Agitou-se por 10 min e deixou-se em repouso por 16 h. Pipetou-se 25 mL do extrato em um erlenmeyer de 125 mL, adicionou-se 2 gotas de fenolftaleína e titulou-se com solução padronizada de NaOH 0,025 mol L⁻¹. A viragem é de incolor para róseo sendo feita a prova em branco.

3.4.3 Fósforo

Colocou-se 5 cm³ de TFSA em erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 50 mL de extrator Mehlich-1. Agitou-se por 5 min em agitador circular horizontal a 200 rpm e deixou-se a suspensão em repouso por 16 h. Transcorrido esse tempo, pipetou-se 5 mL do sobrenadante e adicionou-se 5 mL de reagente de trabalho (RT). Após 30 min, fez-se a

leitura em espectrofotômetro de absorção molecular, utilizando o comprimento de onda de 725 nm. Quando necessário, procedeu-se à diluição da solução de leitura tomando uma alíquota menor que 5 mL, completando os 5 mL com extrator Mehlich-1 e adicionando mais 5,0 mL de RT. O fator de diluição (f) foi calculado da seguinte forma:

$$f = \frac{x \text{ mL de extrato} + (5 - x \text{ mL}) \text{ de extrato, de extrator}}{x \text{ mL de extrato}} \quad (3)$$

Para obtenção do reagente de trabalho (RT) adicionou-se em um balão volumétrico com capacidade de 1000 mL 200 mL de solução 725 mais 1,6 g de ácido ascórbico (vitamina C). Completou-se o volume do balão com água destilada e em seguida homogeneizou-se a solução. Para obtenção da solução 725, em balão volumétrico de 1000 mL, adicionou-se 1 g de carbonato básico de bismuto e, em seguida, 138 mL de H_2SO_4 concentrado. Em copo separado, dissolveu-se, em água, 20 g de molibdato de amônio e adicionou-se ao balão contendo carbonato básico de bismuto e H_2SO_4 , completando o volume do balão com água destilada e homogeneizando a solução (BRAGA; DEFELIPO, 1974).

3.4.4 Potássio

Colocou-se 5 cm^3 de TFSA em erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 50 mL de extrator Mehlich-1. Agitou-se por 5 min em agitador circular horizontal a 200 rpm e deixou-se a suspensão em repouso por 16 h. Pipetou-se aproximadamente 10 mL do sobrenadante em um béquer e fez-se a leitura diretamente no extrato utilizando um espectrofotômetro de emissão em chama. Quando houve necessidade de diluir a solução de leitura, observou-se a fórmula abaixo para o cálculo do fator de diluição.

$$f = \frac{x \text{ mL de extrato} + y \text{ mL de extrator}}{x \text{ mL de extrato}} \quad (4)$$

3.4.5 Cálcio e Magnésio

Mediu-se 10 cm^3 de TFSA em erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 100 mL de extrator KCl 1,0 mol L^{-1} . Agitou-se a suspensão por 5 min em agitador circular horizontal

a 200 rpm deixando-a em repouso por aproximadamente 16 h. Transcorrido esse período, retirou-se uma alíquota de 0,5 mL e colocou-se em tubo de ensaio, adicionando 10 mL da solução de SrCl_2 contendo 1680 mg L^{-1} de Sr. Agitou-se o tubo de ensaio e fez-se a leitura em espectrofotômetro de absorção atômica devidamente calibrado. Quando necessário, procedeu-se à diluição da solução de leitura tomando uma alíquota menor que 0,5 mL, completando com 0,5 mL do extrator KCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ e adicionando mais 10,0 mL de RT. O fator de diluição (f) foi calculado da seguinte forma:

$$f = \frac{x \text{ mL de extrato} + (0,5 - x \text{ mL}) \text{ de extrato de extrator}}{x \text{ mL de extrato}} \quad (5)$$

3.4.6 Alumínio trocável

Mediu-se 10 cm^3 de TFSA em erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 100 mL de extrator KCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$. Agitou-se por 5 min em agitador circular horizontal a 200 rpm e deixou-se em repouso por aproximadamente 16 h. Transcorrido esse período, retirou-se uma alíquota de 25 mL do sobrenadante e colocou-se em erlenmeyer de 125 mL, adicionou-se três gotas de indicador azul de bromotimol a 1 % e titulou-se com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$. Padronizou-se a solução de NaOH e fez-se a prova em branco. A viragem da cor é de amarelo para azul.

3.4.7 Fósforo remanescente

Colocou-se $7,5 \text{ cm}^3$ de TFSA em erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 75 mL da solução de $\text{CaCl}_2 0,01 \text{ mol L}^{-1}$ contendo 60 mg L^{-1} de P (solução de equilíbrio). Agitou-se por 5 min e deixou-se em repouso por aproximadamente 16 h. Transcorrido esse período, tomou-se uma alíquota de 0,2 mL e adicionou-se 4,8 mL de H_2O . Misturou-se os 5,0 mL da solução diluída com 5,0 mL do reagente de trabalho (RT). Decorridos 30 min, fez-se a leitura da absorbância no comprimento de onda de 725 nm. Quando necessário procedeu-se a diluição (PROFERT MG, 2005).

Para obtenção do reagente de trabalho (RT), para 10 mL de solução de leitura, adicionou-se em um balão volumétrico de 1000 mL, 200 mL de solução 725 mais 1,6 g de ácido ascórbico (vitamina C). Completou-se o volume do balão com água destilada e em seguida homogeneizou-se a solução. Para obtenção da solução 725, em balão volumétrico

de 1000 mL, adicionou-se 1 g de carbonato básico de bismuto e, em seguida, 138 mL de H₂SO₄ concentrado. Em copo separado, dissolveu-se, em água, 20 g de molibdato de amônio e adicionou-se ao balão contendo subcarbonato de bismuto e H₂SO₄, completando o volume do balão com água destilada e homogeneizando a solução (BRAGA; DEFELIPO, 1974).

3.4.8 Matéria Orgânica

Para a determinação da matéria orgânica do solo (MOS) mediu-se 1 cm³ de TFSA e transferiu-se para copo de polietileno. Acondicionou-se 10 mL de solução digestora de dicromato de sódio e ácido sulfúrico (Na₂ Cr₂O₇. 2 H₂O 4N + H₂SO₄.10N) como agente oxidante. Agitou-se as amostras por 10 min em agitador horizontal a 170 rpm e deixou-se em repouso por 1 h. Após este período, acrescentou-se 50 mL de água destilada e deixou-se a suspensão decantar de um dia para o outro. No dia seguinte, coletou-se alíquota de 25 mL de cada amostra e transferiu-se para copos plásticos identificados sendo realizada a leitura em espectrofotômetro de chama a 650 nm.

A MOS foi calculada a partir da seguinte expressão:

$$\text{MOS (\%)} = ((\text{La} - \text{Lb}) / (\text{Lb})) \times 13,6 \quad (6)$$

Em que:

MOS = Matéria Orgânica do Solo em g dm⁻³;

Lb = leitura da prova em branco.

La = leitura da amostra.

3.4.9 Ferro, Manganês, Zinco e Cobre

Colocou-se 5 cm³ de TFSA em erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 50 mL de extrator Mehlich-1. Agitou-se por 5 min em agitador circular horizontal a 200 rpm e deixou-se a suspensão em repouso por 16 h. Pipetou-se aproximadamente 10 mL do sobrenadante e fez-se a leitura diretamente no extrato, utilizando um espectrofotômetro de absorção atômica.

3.4.10 Enxofre

Mediu-se 10 cm³ de TFSA e colocou-se em erlenmeyer de 125 mL. Adicionou-se uma medida de aproximadamente 0,30 g de carvão ativado e 25 mL do extrator. Agitou-se por 45 min e deixou-se decantar por 5 min antes de filtrar em papel de filtração lenta tipo Whatman 42. Em tubo de ensaio de 50 mL, pipetou-se 10 mL do extrato obtido, adicionou-se as sementes de enxofre (1 mL da solução-padrão 15 mg L⁻¹ de S) e 4 mL do reagente de trabalho (RT). Agitou-se em agitador de tubos de ensaio até a homogeneização da suspensão. Esperou-se pelo menos 10 min para a completa formação da turbidez e, 2 a 3 min. antes de fazer a leitura em espectrômetro de absorção molecular a 420 nm em cubetas de 1,0 cm de largura, agitou-se novamente para ressuspender o precipitado.

Quando necessário, foram feitas diluições tomando X mL (X < 10) de alíquota e adicionando (10 - X) mL do extrator, 1 mL da solução-padrão 15 mg L⁻¹ de S e 4 mL do RT. Em seguida homogeneizou-se bem em agitador de tubos de ensaio.

A curva de calibração foi obtida adicionando, em erlenmeyers de 125 mL, a solução-padrão 30 mg L⁻¹ de S, água destilada, o extrator duplo concentrado (2X) e carvão ativado lavado. Agitou-se por 45 min. em agitador horizontal, deixou-se decantar por 5 min. e filtrou-se em papel de filtração lenta tipo Whatman 42.

Do extrato obtido (extrato-padrão de S), retirou-se uma alíquota de 10 mL e acrescentaram-se as sementes de S (1 mL de solução-padrão 15 mg L⁻¹ de S). Esperou-se pela tomada das alíquotas dos extratos das amostras e adicionou-se 4 mL do RT primeiro nas soluções da curva e, em seguida, nas soluções das amostras. Ao final, agitou-se bem.

Para obtenção do Reagente de Trabalho (RT), dissolveu-se, em balão volumétrico de 500 mL, 62,5 g de BaCl₂.2H₂O em aproximadamente 300 mL de água. Dissolveu-se também, em bêquer de 100 mL, 0,625 g de goma-arábica em pó em aproximadamente 50 mL de água. Passou-se esta última solução ao balão de 500 mL, misturando as soluções. Adicionou-se gradativamente 88 mL de NH₄OH 2,6 mol/L, completou-se o volume com água, homogeneizou-se e filtrou-se. Esta solução deve ser preparada na hora da sua utilização.

3.4.11 Boro

Cachimbou-se 10 cm³ de solo em saquinhos de polipropileno (15 x 30 cm), adicionou-se 20 mL da solução extratora de cloreto de cálcio 5 mmol L⁻¹ e 0,5 cm³ de

carvão ativo. Preparou-se uma prova em branco (sem solo), adicionando 20 mL da solução de cloreto de cálcio e 0,5 cm³ de carvão ativo ao saquinho de polipropileno. Selaram-se os saquinhos e agitou-se levemente. Fez-se um pequeno furo no canto superior do saquinho. Colocaram-se os saquinhos no prato giratório do forno de micro-ondas, com a perfuração para dentro, cada saquinho cobrindo a metade do outro, em círculos. Programou-se o forno de micro-ondas para 4 min na potência máxima (700 W) e 5 min na potência média máxima (490 W). Esfriou-se a suspensão por 30 min e filtrou-se imediatamente usando papel de filtro para filtração lenta. Transferiu-se uma alíquota de 4 mL da prova em branco e do extrato de solo para tubos de ensaio, adicionou-se 1 mL da solução-tampão e homogeneizou-se. Juntou-se 1 mL da solução de azometina-H e agitou-se vigorosamente. Deixou-se em repouso no escuro por 30 min procedeu-se às leituras, inicialmente das soluções-padrão, em absorbância no espectrofotômetro UV-VIS, utilizando o comprimento de onda de 420 nm.

3.5 Análise geoestatística

A análise geoestatística foi realizada para cada pivô da propriedade (nove ao todo) gerando-se semivariogramas e mapas de distribuição espacial por krigagem com auxílio do programa GAMMA DESIGN SOFTWARE (GS+) (2004). Além disso, realizou-se análise estatística descritiva de cada atributo em cada pivô, constando de mínimo, máximo, média, desvio padrão, curtose, variância, Coeficiente de Variação (CV) e assimetria.

O semivariograma foi estimado pela seguinte equação (BURROUGH; McDONNELL, 2006):

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{\sum_{i=1}^{n(h)} [z(t+h) - Z(t)]^2}{2n(h)} \quad (7)$$

Em que: $n(h)$ é o número de pares experimentais de observações $z(t + h)$ e $Z(t)$ separados por uma distância h .

Observa-se que a única diferença da equação apresentada com relação à da variância é a divisão por 2 na fórmula. Daí o termo semivariância.

Após estimativa de um modelo matemático aos valores de $\gamma(h)$, estimou-se os parâmetros do modelo teórico do semivariograma que envolveram efeito pepita (C_0),

patamar ($C_0 + C$) e alcance (a). O alcance nada mais é que a distância h a partir da qual $\gamma(h)$ se torna aproximadamente constante, o patamar é o valor de $\gamma(h)$ constante e o efeito pepita refere-se à descontinuidade na origem de um semivariograma geralmente associada a variações a distâncias menores do que a menor distância de amostragem e erros (de amostragem, de análise de laboratório, etc). Na Figura 13 são apresentados os parâmetros em análise para um semivariograma ilustrativo.

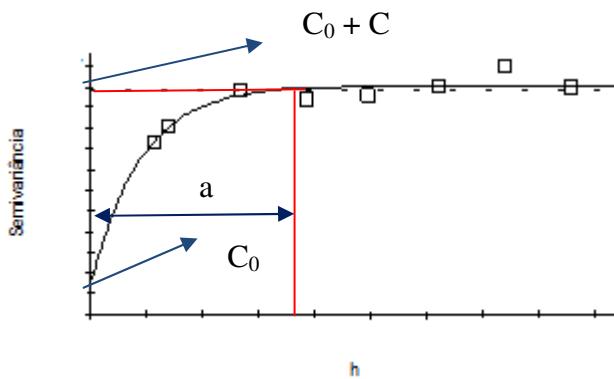


FIGURA 5. Semivariograma ilustrativo apresentando parâmetros de ajuste: C_0 : efeito pepita; $C_0 + C$: patamar; a : alcance.

Para determinação dos modelos mais adequados para cada semivariograma considerou-se a menor Soma de Quadrado de Resíduos (RSS) e o maior coeficiente de determinação (r^2). Quando o semivariograma foi constante e igual ao patamar para qualquer valor de h , tem-se a chamado efeito pepita puro que indica a ausência de dependência espacial, sendo que, estando presente, indica que só há a manifestação da dependência espacial a distâncias menores entre amostragens.

Outro tipo de semivariograma refere-se àquele onde ocorrem flutuações, sendo o mesmo denominado semivariograma periódico ou cíclico. Esse tipo de semivariograma mostra uma periodicidade nos dados que acontece em função de um fator conhecido e pode ser analisado a partir da densidade espectral.

Por fim, podem ocorrer semivariogramas sem patamar definido. Nesse caso, provavelmente a estacionaridade de segunda ordem não foi atendida e provavelmente se está trabalhando com fenômeno com capacidade infinita de dispersão sendo que a distância h não foi capaz de mostrar toda a variância dos dados, ocorrendo tendência dos dados para determinada direção. Nesses casos em que ocorre tendência, remove-se a mesma ou verifica-se se a variável resíduo apresenta semivariograma com patamar. Caso o semivariograma dos resíduos apresente efeito pepita puro, pode-se dizer que a superfície de tendência é a melhor representação espacial da variável (GUIMARÃES, 2004).

Com relação à dependência espacial das variáveis em estudo, considera-se:

- Alta dependência espacial: $((C_0)/(C_0 + C)) < 0,25$;
- Moderada dependência espacial: $0,25 \leq ((C_0)/(C_0 + C)) \leq 0,75$;
- Fraca dependência espacial: $0,75 \leq ((C_0)/(C_0 + C)) \leq 1,00$.

Os principais modelos utilizados na geoestatística (BURROUGH; MCDONNELL, 1998), considerando-se a distância h , o efeito pepita (C_0), o patamar ($C_0 + C$) e o alcance (a) são:

- Modelo esférico:

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C \left[\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] & 0 \leq h \leq a \\ C_0 + C & h > a \end{cases} \quad (8)$$

- Modelo exponencial:

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - e^{-3(h/a)} \right] \quad 0 < h < d \quad (9)$$

- Modelo Gaussiano:

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - e^{-3(h/a)^2} \right] \quad 0 \leq h \leq d \quad (10)$$

Os respectivos semivariogramas representativos desses modelos encontram-se na Figura 6 a seguir:

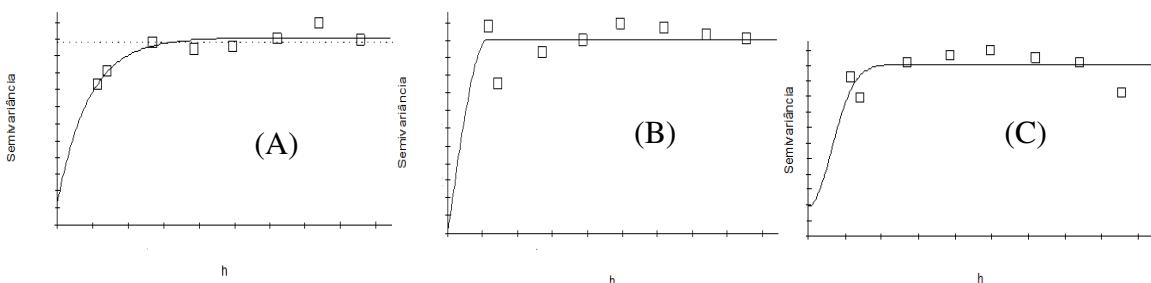


FIGURA 6. Semivariogramas representativos dos modelos: (A) Exponencial; (B) Esférico e (C) Gaussiano.

Quanto à estimativa de pontos não amostrados e construção dos mapas de distribuição espacial, utilizou-se a krigagem ordinária para teor de argila (%) e krigagem indicatriz para número de nematoides.

Quando utilizada a krigagem ordinária, a estimativa de Z para um determinado ponto t_0 foi feita a partir de um conjunto de dados $Z(t)$ conhecidos ($Z(t_1), Z(t_2) \dots Z(t_n)$). O valor estimado foi dado pela seguinte equação:

$$z^*(t_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(t_i) \quad (11)$$

Já com relação à krigagem indicatriz, o que se fez foi considerar a presença ou ausência de nematoides sendo que, quando houve presença, o resultado foi substituído por um (1) e quando houve ausência, por zero (0). A estimativa da função de distribuição acumulada a partir da krigagem indicatriz é dada pela equação:

$$\hat{I}(x_\alpha; z_k) = E[\hat{I}(x_0; z_k) | (n)] = P[\hat{Z}(x_0) \leq z_k | (n)] \quad (12)$$

Em que n é o condicionamento das informações disponíveis que se encontram próximas de X_0 , ponto onde será feita a estimativa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estrutura trófica da nematofauna

Quanto à estrutura trófica da nematofauna, a partir dos resultados da análise nematológica das amostras de solo coletadas, montou-se os semivariogramas por área e por grupo trófico presente. Observou-se a ausência de um ou mais grupos tróficos em cada uma das áreas de pivô em estudo. Além disso, em alguns casos, poucas amostras com nematoides de determinados grupos tróficos, impossibilitaram a confecção dos mapas de distribuição espacial por krigagem e ajuste de semivariogramas experimentais.

A pequena quantidade de amostras com nematoides, nas áreas de pivô 01, 02, 03 e 04, pode ter ocorrido em função do controle biológico feito no ano de 2012 com os produtos Rizos e Onix. Esses produtos são comercializados pelo grupo Farroupilha na dose de $1 \cdot 10^{10}$ UFC por mL e compostos por *Bacillus subtilis* (Rizos) com ação sobre juvenis de segundo estádio (J2) e por *Bacillus methylotrophicus* (Onix), com ação sobre ovos e juvenis de segundo estádio (J2). Quanto às demais áreas de pivô, o baixo número de nematoides pode ter ocorrido devido a uma possível supressividade do solo que pode ser comprovada pela presença de fungos predadores do gênero *Monacrosporium* sp. e *Arthrobotrys* sp. detectados pelo método de espalhamento do solo proposto por Santos *et al.* (1991) nas áreas de povo 01, 05, 06 e 07. Outro fator importante a ser considerado para a baixa quantidade de amostras de solo com presença de nematoides, quando se trata de fitonematoides, em todas as áreas, refere-se ao período de coleta das amostras que foi no mês de abril, ou seja, no final do ciclo das culturas instaladas quando naturalmente essas espécies entram em sobrevivência por diminuição da disponibilidade de alimento.

Os grupos tróficos que predominaram em todas as áreas de pivô foram de parasitos de plantas e de bacteriófagos (Tabela 8), dados que estão de acordo com o que foi encontrado por Tomazine *et al.* (2008), Arieira (2012) e Figueira *et al.* (2011) que também detectaram predominância dessas populações em áreas de cultivo.

Os dados de número de amostras com nematoides em cada grupo trófico e da abundância total, ou seja, do número total de indivíduos, independente do táxon ou grupo trófico a que pertence, encontram-se nas Tabelas 8 e 9 respectivamente.

TABELA 8. Abundância total de nematoides encontrados quanto ao hábito alimentar por 150 cm³ de solo

Pivô	PP	B	M	P	O	Total
1	4658	4451	-	66	-	9175
2	234	365	73	98	-	770
3	121	1011	20	-	33	1185
4	3418	6204	383	60	871	10936
5	1981	1659	308	57	151	4156
6	4212	13205	2308	-	1436	21161
7	2579	3745	1774	105	1127	9330
8	64	1316	-	20	-	1400
9	88	3017	30	-	-	3135

PP: Parasitos de Plantas; B: Bacteriófagos; M: Micófagos; P: Predadores; O: Onívoros.

TABELA 9. Número de amostras com nematoides em cada grupo trófico.

Grupo	Pivô	Amostras com nematoides	Grupo	Pivô	Amostras com nematoides
PP	1	43	PP	6	50
B	1	35	B	6	81
M	1	0	M	6	40
P	1	2	P	6	0
O	1	0	O	6	29
PP	2	5	PP	7	42
B	2	6	B	7	56
M	2	2	M	7	31
P	2	1	P	7	3
O	2	0	O	7	22
PP	3	4	PP	8	2
B	3	9	B	8	18
M	3	1	M	8	0
P	3	0	P	8	1
O	4	1	O	8	0
PP	4	41	PP	9	3
B	4	62	B	9	29
M	4	11	M	9	1
P	4	2	P	9	0
O	4	20	O	9	0
PP	5	16	-	-	-
B	5	18	-	-	-
M	5	9	-	-	-
P	5	3	-	-	-
O	5	6	-	-	-

PP: Parasitos de Plantas; B: Bacteriófagos; M: Micófagos; P: Predadores; O: Onívoros.

4.1.1 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 01

Na área de pivô 01, observou-se a presença de bacteriófagos, parasitos de plantas e predadores. Houve dependência espacial para bacteriófagos e independência espacial quanto à presença de parasitos de planta. No caso de predadores, apenas duas foram positivas e o ajuste de semivariograma não foi conclusivo sobre a dependência ou independência espacial (Tabela 9). O semivariograma e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para bacteriófagos estão na Figura 7.

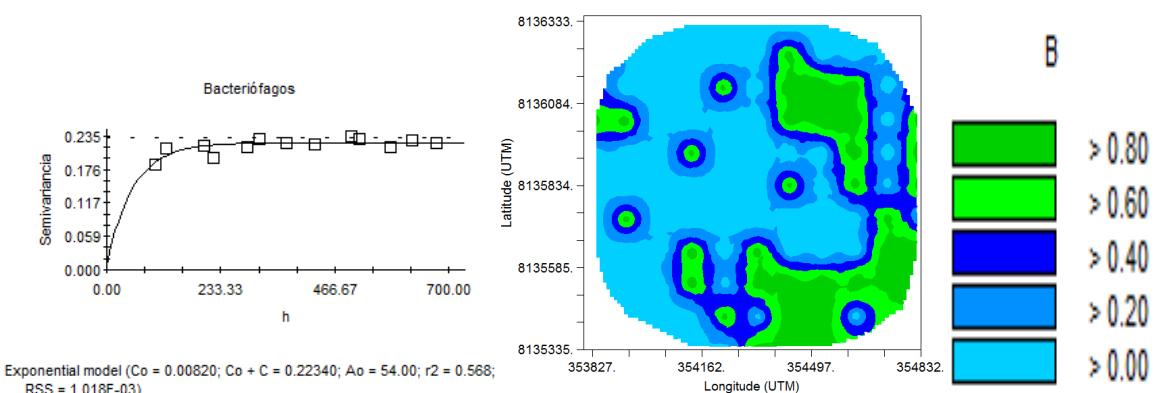


FIGURA 7. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides bacteriófagos na área de pivô 01.

De acordo com o mapa gerado por krigagem indicatriz, constata-se na área de pivô 01, nematoides bacteriófagos concentrados em locais específicos e com probabilidade de ocorrência acima de 80 % contrastando com o restante da área onde não há ocorrência desse grupo. Quanto aos semivariogramas ajustados para parasitos de plantas e predadores observou-se independência espacial com efeito pepita puro para parasitos de plantas e tendência nos dados de predadores pelo pequeno número de amostras com esse grupo trófico (Figura 8).

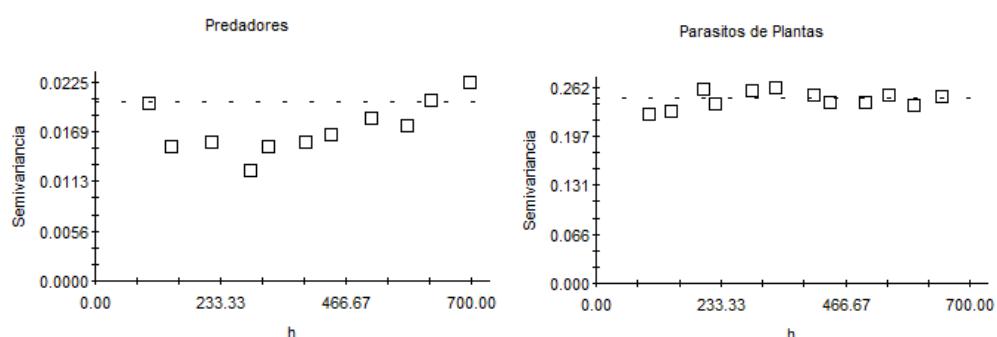


FIGURA 8. Semivariogramas mostrando independência espacial para Predadores (à esquerda) e para Parasitos de Plantas (à direita).

4.1. 2 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 02

Na área de pivô 02 encontraram-se nematoides bacteriófagos, micófagos, parasitos de plantas e predadores foram encontrados. No entanto, não houve dependência espacial para os grupos de bacteriófagos e parasitos de plantas, como observado a partir da Figura 9, e nem de micófagos e predadores. Cinco amostras apresentaram parasitos de plantas, seis amostras bacteriófagos, duas micófagos e 1 predadores. O efeito aparentemente de independência espacial, gerado pelo baixo número de amostras com os grupos tróficos presentes, pode ser visualizado a partir dos semivariogramas ajustados de bacteriófagos e parasitos de plantas apresentados na Figura 9.

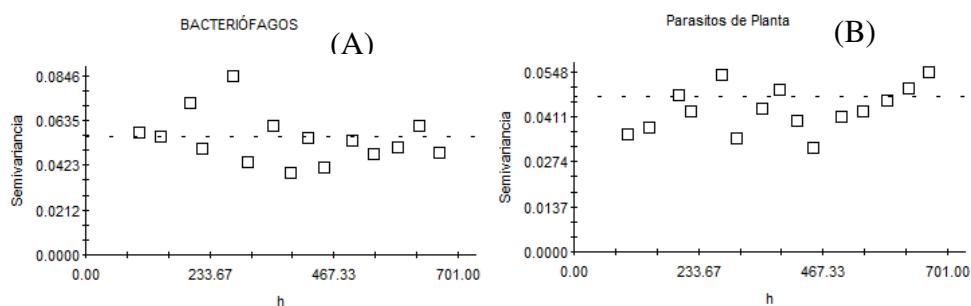


FIGURA 9. Semivariogramas mostrando independência espacial para: (A): Bacteriófagos e (B): Parasitos de Plantas.

4.1. 3 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 03

Os nematoides encontrados na área de pivô 03 foram dos grupos de bacteriófagos, micófagos, onívoros e parasitos de plantas. Observou-se que apenas para o grupo de bacteriófagos foi possível ajustar semivariograma. Isso, em função do baixo número de amostras com nematoides para os demais grupos (Tabela 9).

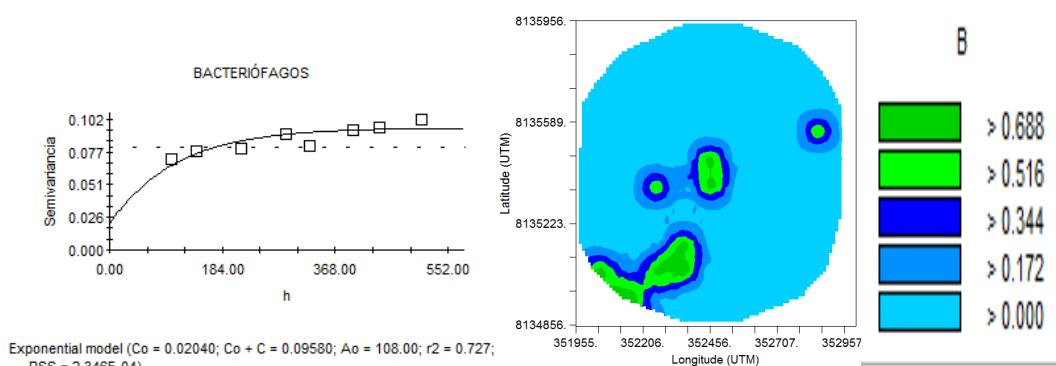


FIGURA 10. Semivariograma ajustado (à esquerda) e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz (à direita) para nematoides bacteriófagos na área de pivô 03.

Da mesma forma que na área de pivô 01, observaram-se distribuições localizadas e concentradas de bacteriófagos em locais específicos. Nesses locais a probabilidade de ocorrência de bacteriófagos foi de 51,6 a 68,8 % enquanto que na maior parte da área houve ausência de nematoides bacteriófagos.

4.1.4 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 04

Na área de pivô 04, observou-se a presença dos cinco grupos tróficos, no entanto, só foi possível ajustar modelo de semivariograma e construção de mapa por krigagem indicatriz para o grupo de parasitos de plantas (Figura 11). Quanto ao grupo de predadores, embora presente, ocorreu em apenas duas amostras (Tabela 9). Já com relação aos grupos tróficos de bacteriófagos, de micófagos e de onívoros, observou-se independência espacial como mostra a Figura 12.

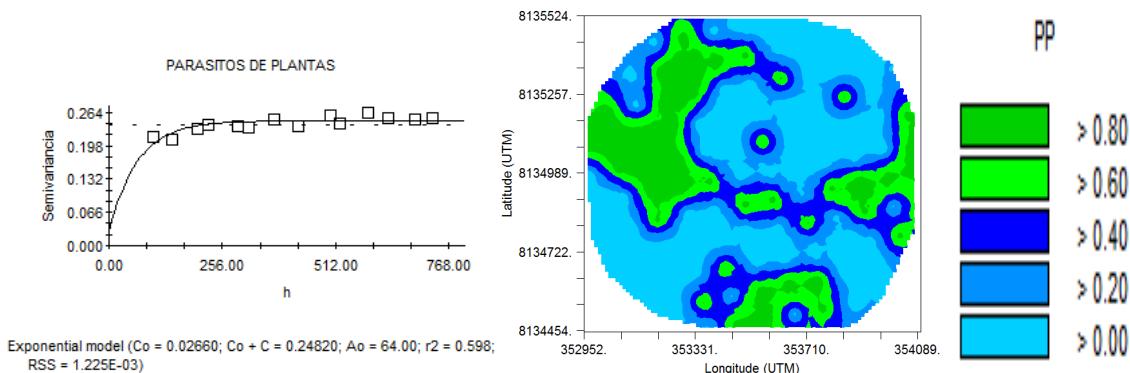


FIGURA 11. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides parasitos de plantas na área de pivô 04.

De acordo com a Figura 11, observam-se diversos pontos de concentração de nematoides parasitos de plantas com probabilidade superior a 60 % de ocorrência e vários pontos com ausência de nematoides desse grupo. A independência espacial de bacteriófagos, onívoros e micófagos, levando-se em consideração o número restrito de amostras como explicação para tal fato, é demonstrada na Figura 12.

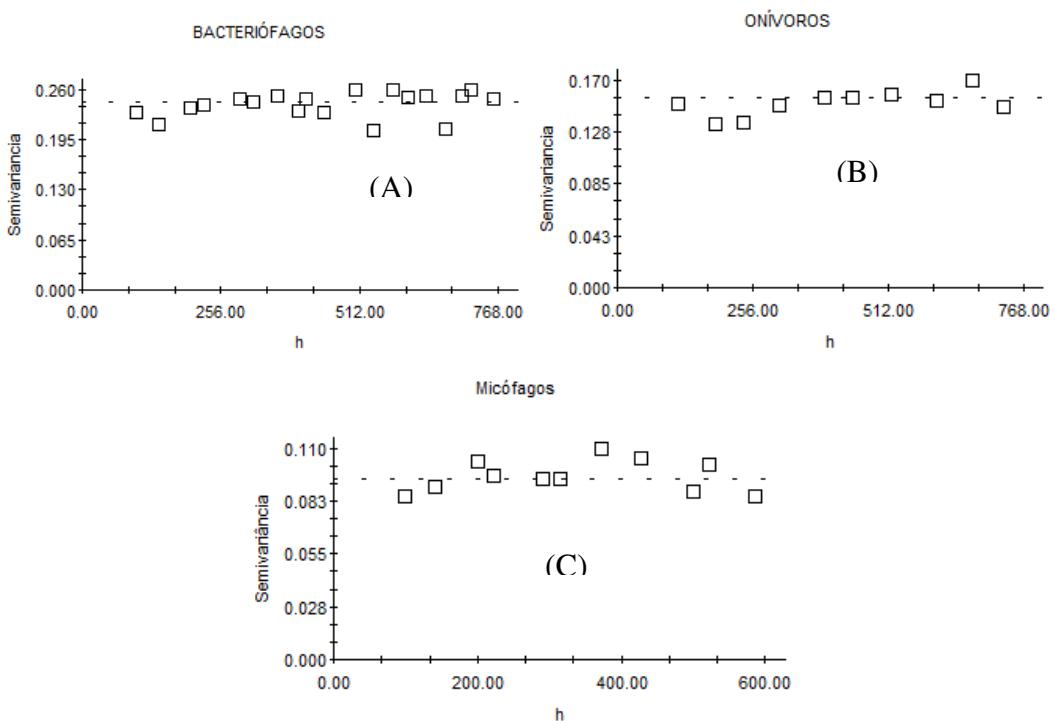


FIGURA 12. Semivariogramas mostrando independência espacial para (A): Bacteriófagos, (B): Onívoros e (C): Micófagos.

4.1.5 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 05

Na área de pivô 05 todos os grupos foram encontrados. No entanto, foi possível ajustar o semivariograma apenas para os grupos de bacteriófagos e de onívoros observando-se independência espacial para os demais grupos tróficos. Na Figura 13 são apresentados o semivariograma ajustado e o mapa por krigagem indicatriz para bacteriófagos.

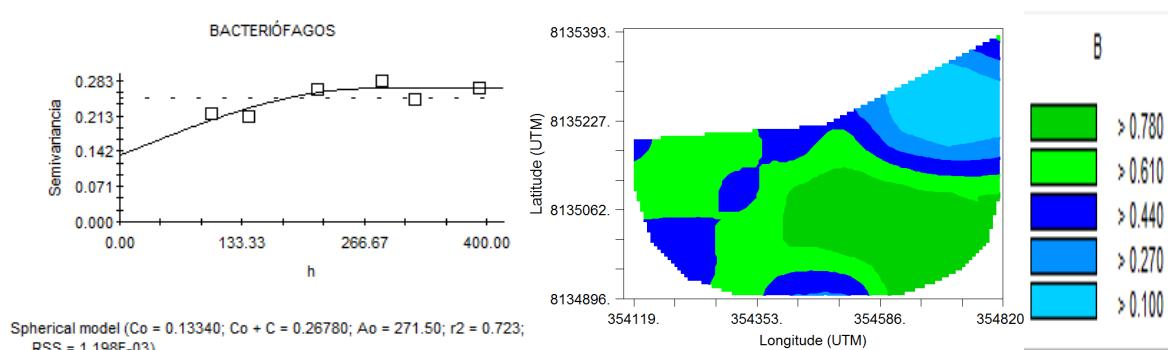


FIGURA 13. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides bacteriófagos na área de pivô 05.

A partir da figura, observa-se a presença de nematoides bacteriófagos na maior parte da área com probabilidade de ocorrência acima de 61 %. O modelo que melhor se ajustou foi o modelo esférico. Quanto ao grupo de onívoros, o semivariograma ajustado e o mapa de distribuição espacial são apresentados na Figura 14.

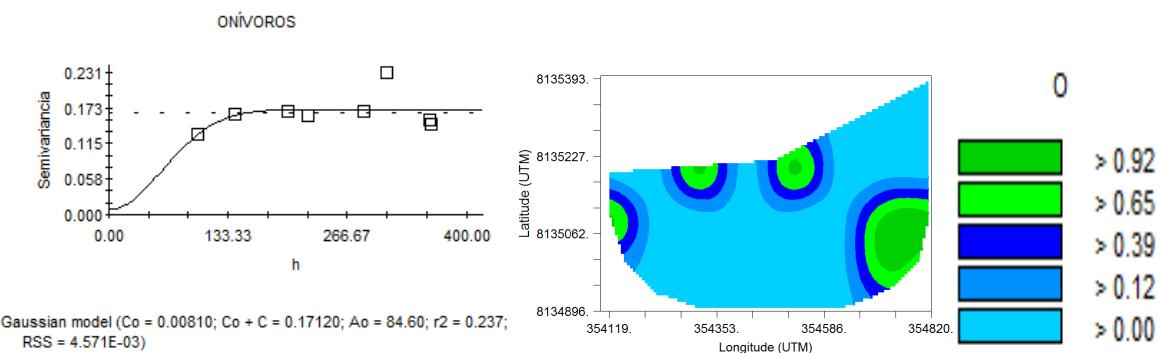
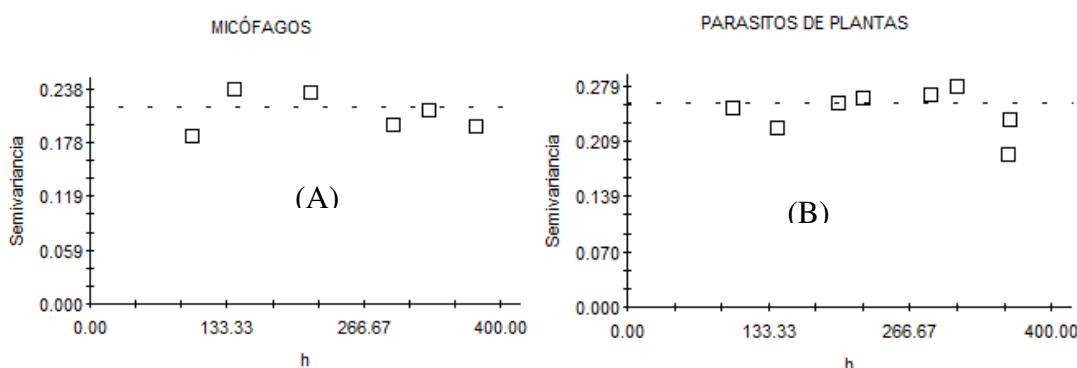


FIGURA 14. Semivariograma ajustado (à esquerda) e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz (à direita) para nematoides onívoros na área de pivô 05.

De acordo com a figura observa-se r^2 baixo e distribuição espalhada de nematoides onívoros na área. Com relação aos grupos de micófagos, parasitos de plantas e predadores, houve independência espacial sendo que esse fato pode estar associado ao número de amostras com nematoides dos respectivos grupos tróficos sendo que esse efeito foi observado principalmente para predadores que foram constatados apenas em três amostras das trinta (Tabela 9).



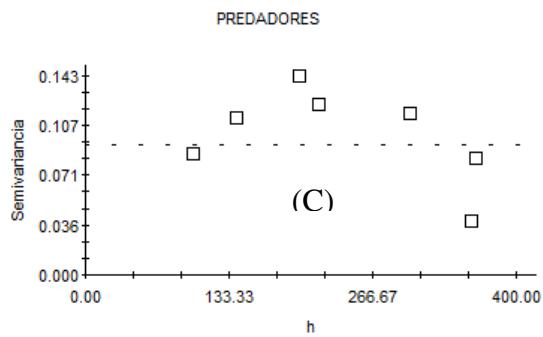


FIGURA 15. Semivariogramas ajustados mostrando independência espacial para (A): Micófagos, (B): Parasitos de plantas e (C): Predadores.

4.1.6 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 06

Os nematoides pertencentes ao grupo dos predadores não foram encontrados na área de pivô 06. Quanto aos grupos tróficos presentes, observou-se independência espacial com efeito pepita puro (Figura 16).

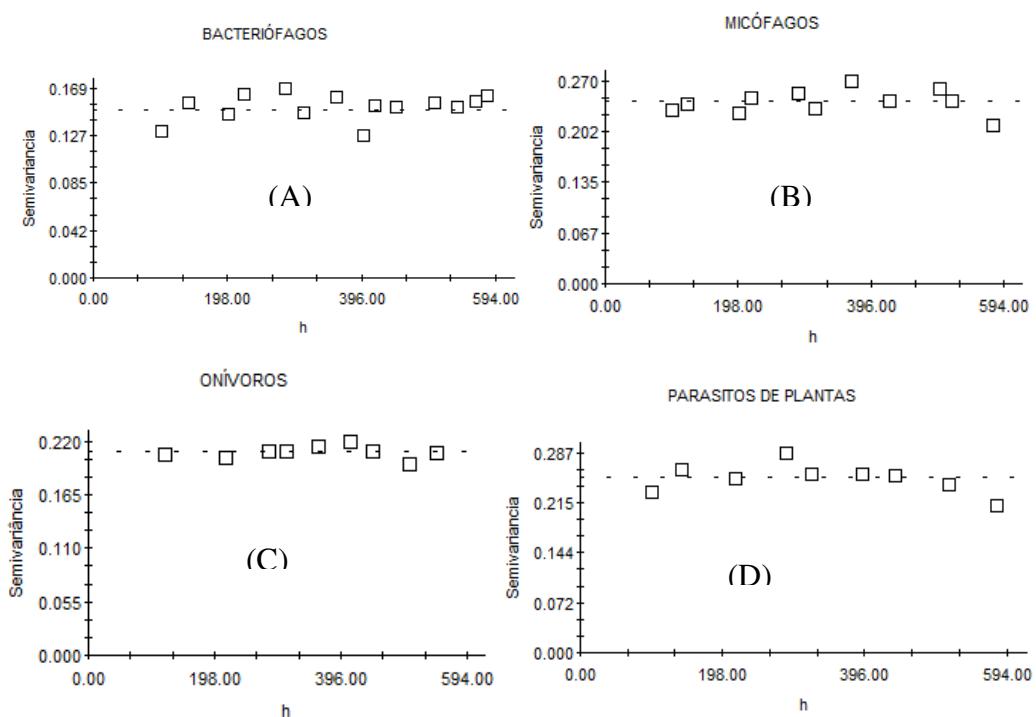


FIGURA 16. Semivariogramas ajustados mostrando independência espacial para (A): Bacteriófagos, (B): Micófagos, (C): Onívoros e (D): Parasitos de Plantas na área de pivô 06.

4.1.7 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 07

Os cinco grupos tróficos de nematoídeos foram encontrados na área de pivô 07, no entanto, o baixo número de amostras com predadores impossibilitou o ajuste de semivariogramas e a montagem de mapas de distribuição espacial para os mesmos (Tabela 9). Quanto ao grupo de bacteriófagos, o semivariograma ajustado e o mapa de distribuição espacial são apresentados na Figura 17.

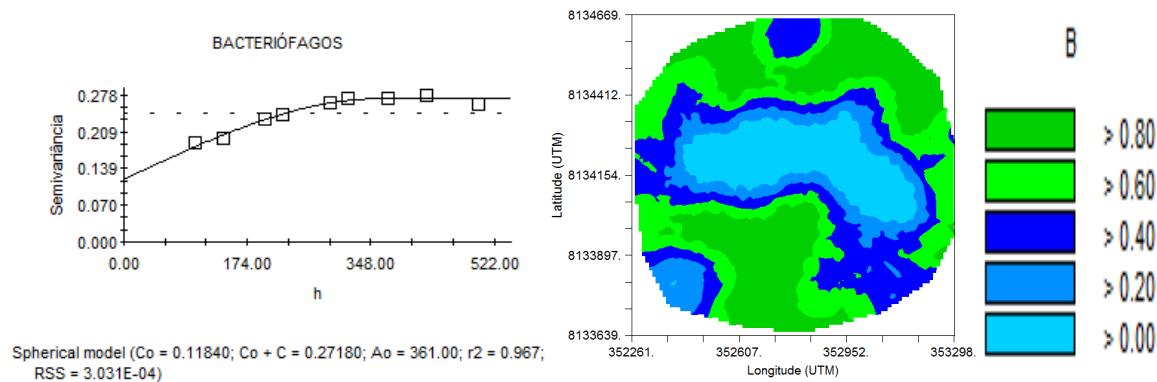


FIGURA 17. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoídeos bacteriófagos na área de pivô 07.

Para bacteriófagos, de acordo com o mapa de distribuição espacial, as populações foram agregadas e espalhadas ao longo da propriedade com grande parte da área com probabilidade de ocorrência acima de 60 % e com a região localizada aproximadamente na área central da malha amostral sem ocorrência de nematoíde desse grupo trófico. Com relação aos micófagos, o semivariograma ajustado e o mapa de distribuição espacial são apresentados na Figura 18.

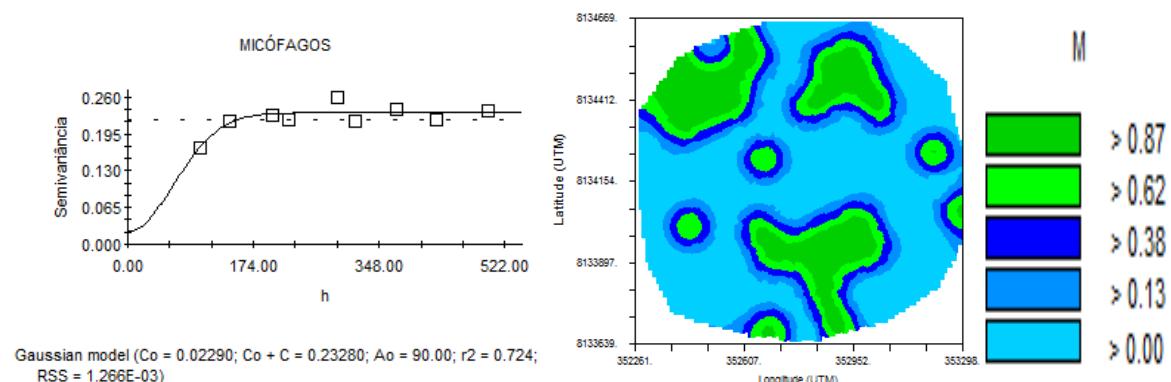


FIGURA 18. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoídeos micófagos na área de pivô 07.

Quanto à micófagos, de acordo com o mapa de distribuição espacial, as populações foram agregadas e espalhadas ao longo da propriedade existindo regiões com

probabilidade de ocorrência acima de 62 % e outras da malha amostral sem ocorrência de nematoides desse grupo trófico.

Efeito similar foi encontrado para onívoros como mostra a Figura 19.

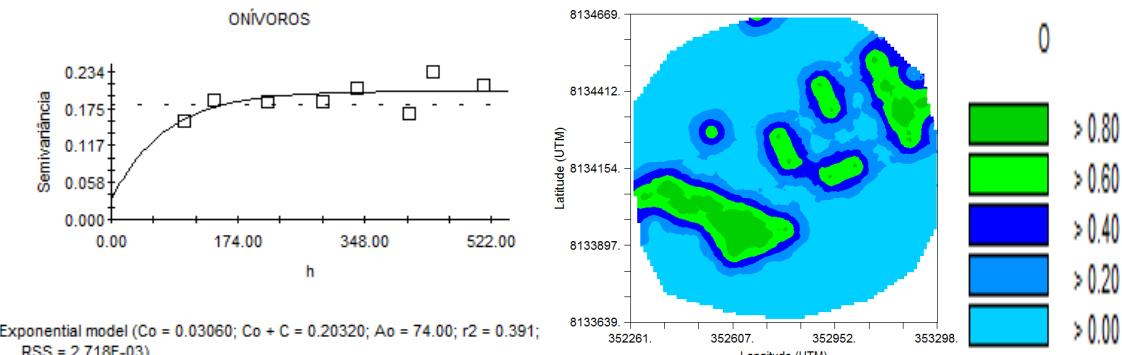


FIGURA 19. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides onívoros na área de pivô 07.

De acordo com o mapa de distribuição espacial, constata-se que o grupo de nematoides onívoros, como já observado para os grupos de micófagos e bacteriófagos, apresentou populações agregadas e espalhadas ao longo da propriedade com locais onde probabilidade de ocorrência foi acima de 60 % e com os demais na malha amostral praticamente sem ocorrência de nematoides desse grupo trófico.

Com relação aos parasitos de plantas constatou-se independência espacial no ajuste de semivariograma como demonstrado na Figura 20.

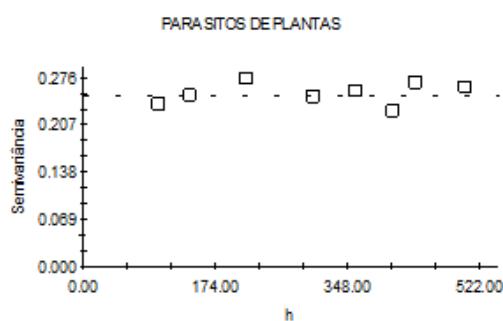


FIGURA 20. Semivariograma ajustado mostrando independência espacial para parasitos de Plantas na área de pivô 07.

4.1.8 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 08

Na área de pivô 08 foram encontrados os grupos de bacteriófagos, parasitos de plantas e predadores, mas a construção e ajuste de semivariograma só foram possíveis para

o grupo de bacteriófagos em função principalmente do pequeno número de amostras com nematoides encontradas (Tabela 9). O semivariograma ajustado e o mapa de distribuição espacial para bacteriófagos encontram-se na Figura 21.

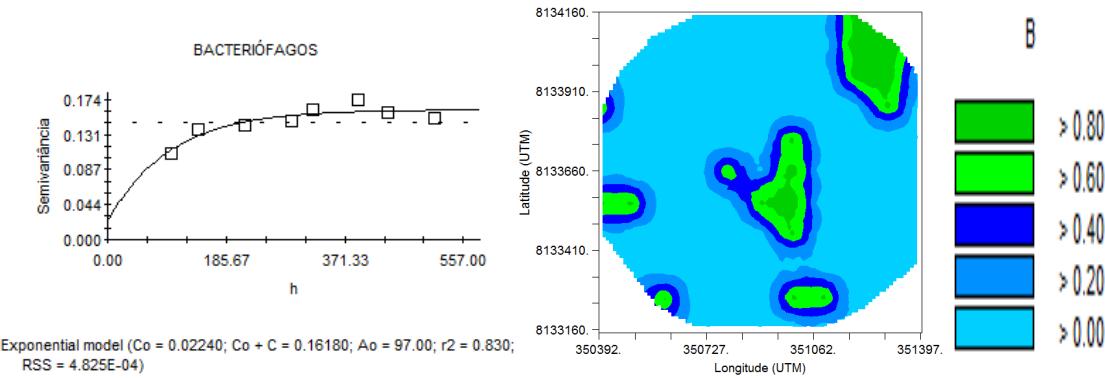


FIGURA 21. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides bacteriófagos na área de pivô 08.

A partir do mapa de distribuição espacial de bacteriófagos, constataram-se populações de nematoides agregadas e espalhadas ao longo da área de pivô 08. Nos locais onde aparecem, a probabilidade de ocorrência, no geral, foi acima de 60 %.

4.1.9 Estrutura trófica da nematofauna na área de pivô 09

Nessa área encontraram-se apenas parasitos de plantas e bacteriófagos. No entanto, o ajuste de semivariograma só foi possível para o grupo de bacteriófagos em função do pequeno número de amostras com parasitos de plantas encontrado na área (Tabela 9).

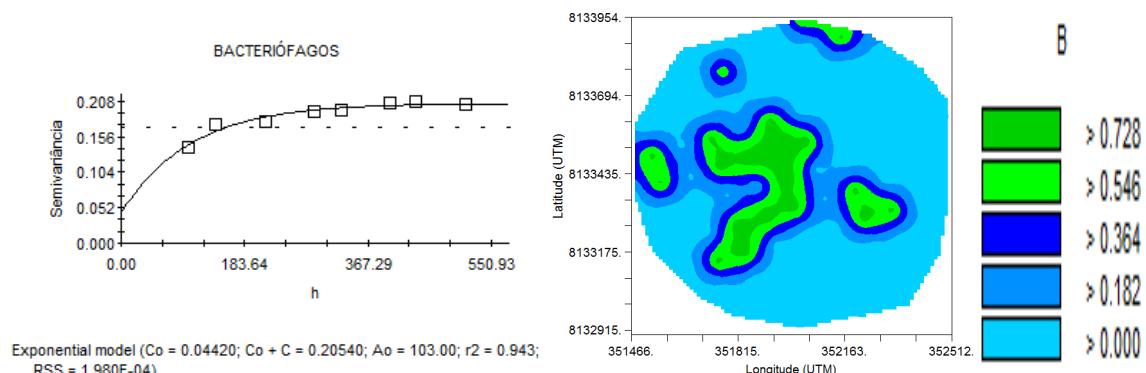


FIGURA 22. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para nematoides bacteriófagos na área de pivô 09.

A partir do mapa de distribuição espacial gerado, constatou-se que as populações de nematoides bacteriófagos foram agregadas e espalhadas como observado para as demais áreas.

4.2 Fitonematoides

4.2.1. Fitonematoides associados às culturas instaladas na propriedade

As espécies e/ou gêneros de fitonematoides encontradas associadas à cultura da soja, milho e milheto, nas amostras de solo coletadas na propriedade Rio Preto e o número de amostras com cada espécie ou gênero encontram-se na Tabela 10. Embora amostras de raízes tenham sido coletadas e processadas, observou-se apenas uma amostra de raízes, encontrada na área de pivô 06, com *Pratylenchus brachyurus* (144 juvenis e/ou adulto por grama de raiz) e uma amostra, encontrada na área de pivô 07, com *Meloidogyne* sp. (38 ovos e/ou juvenis de segundo estádio por grama de raiz). Isso pode ter ocorrido em função do período de coleta das amostras que foi entre 15 e 24 de abril de 2013, sendo que as culturas já haviam sido colhidas e as raízes na sua grande maioria já estavam secas.

Além dos fitonematoides de importância primária para as culturas presentes na propriedade, outras espécies de fitonematoides foram encontradas associadas às culturas com predominância dos gêneros *Helicotylenchus* sp. e *Aphelenchus* sp.. Quanto aos demais gêneros, observou-se que apareceram em poucas amostras com exceção dos gêneros *Tylenchorhynchus* sp. na área de pivô 04 (25 amostras) e *Paratylenchus* sp. no pivô 06 com 10 amostras de acordo com a Tabela 10.

TABELA 10. Número de fitonematoides por espécie ou gênero encontrados nas amostras de solo associados às culturas da soja, milho e milheto na propriedade rural Rio Preto em Paracatu-MG

Espécie ou gênero de nematoide	Amostras com presença da espécie ou gênero								
	Pivô 01	Pivô 02	Pivô 03	Pivô 04	Pivô 05	Pivô 06	Pivô 07	Pivô 08	Pivô 09
<i>Pratylenchus brachyurus</i>	1	0	1	4	2	24	6	0	0
<i>Pratylenchus zae</i>	4	3	1	14	4	13	8	2	2
<i>Helicotylenchus</i> sp.	40	1	3	13	9	5	3	0	1
<i>Aphelenchus</i> sp.	0	2	1	9	9	23	21	0	0
<i>Rotylenchulus reniformis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Paratylenchus</i> sp.	0	0	0	1	0	10	3	0	0
<i>Criconemella</i> sp.	0	0	0	2	2	4	3	0	0
<i>Aphelenchoides</i> sp.	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Ditylenchus</i> sp.	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Tylenchus</i> sp.	0	0	0	2	0	2	2	0	0
<i>Tylenchorhynchus</i> sp.	0	0	0	25	0	0	0	0	0
<i>Meloidogyne</i> sp.	0	0	0	1	0	1	8	0	0

4.2.2 Fitonematoides de importância primária para a soja

4.2.2.1 *Meloidogyne* sp.

Esse nematoide foi encontrado em pequena quantidade nas áreas de pivô 04, 06 e 07, o que não permitiu a utilização da geoestatística para mapeamento da sua ocorrência. No entanto, deve-se considerar sua presença quando da decisão por medidas de controle a serem aplicadas na propriedade para redução de populações de fitonematoides ao longo do tempo. Principalmente na área de pivô 07, em que foi constatada a presença desse gênero em oito amostras (Tabela 10). Não considerar essas populações, mesmo que aparentemente pequenas e concentradas, podem ocasionar grandes perdas e aumento das populações de *Meloidogyne* sp. em anos subsequentes.

4.2.2.2 *Pratylenchus* sp.

Nas amostras de solo, foram encontradas as espécies *Pratylenchus brachyurus*, de importância primária para as culturas de soja, milho e milheto e *Pratylenchus zae* de importância primária para a cultura do milho. A espécie *Pratylenchus brachyurus* não foi

encontrada nas áreas de pivô 02, 08 e 09 e a quantidade de amostras positivas nos demais pivôs foi pequena (Tabela 10), com isso o ajuste de semivariograma e construção de mapas por krigagem apenas para a área de pivô 06 que apresentou vinte e quatro amostras positivas. Isso não significa que o manejo adequado dessas áreas, visando o controle da espécie não seja importante, levando-se em consideração principalmente as perdas, variáveis em função da cultivar utilizada, e da alta gama de hospedeiros como a aveia, milho, milheto, girassol, cana-de-açúcar, algodão, amendoim e diversas outras culturas. De acordo com Embrapa (2013), embora não haja estudos conclusivos sobre resistência ou tolerância da cultura da soja ao nematoide das lesões radiculares, deve-se dar preferência por materiais com $FR < 1$.

A espécie *Pratylenchus zae*, presente na propriedade em todas as áreas de pivô, também deve ser bem manejada, levando-se em consideração que é uma espécie de importância primária para gramíneas como o milho, cultura que tem sido amplamente utilizada em rotação na propriedade em estudo.

Quanto à construção dos semivariogramas ajustados, apenas foi possível o ajuste para a espécie *Pratylenchus brachyurus* na área de pivô 06. Isso porque, embora tenham ocorrido em todas as áreas analisadas, a quantidade de amostras com presença das espécies do gênero *Pratylenchus* sp. foi baixa. Observa-se a concentração dos nematoides em reboleiras, o que é característico do desenvolvimento de populações de fitonematoides.

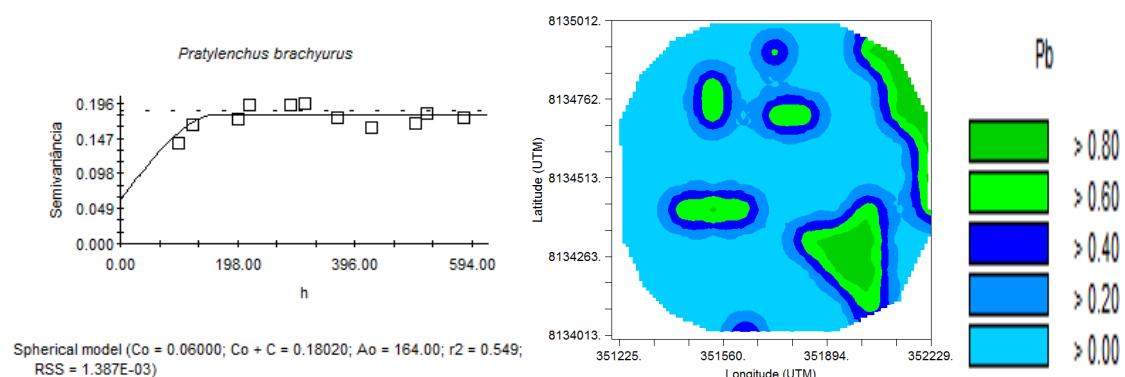


FIGURA 23. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem indicatriz para número de *Pratylenchus brachyurus* (Pb) na área de pivô 06.

4.2.3 Dependência espacial de nematoides

Quanto à dependência espacial de nematoides no solo, a partir do ajuste dos semivariogramas, quando houve dependência espacial, observou-se de moderada a forte

dependência espacial com r^2 variando de 0,237 a 0,967 e valores baixos de RSS (Soma de Quadrado de Resíduos). O modelo exponencial foi o predominante.

TABELA 11. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para população de nematoides por grupo trófico e para *Pratylenchus brachyurus* na propriedade Rio Preto em Paracatu-MG

Nematoides	Área	C ₀	C _{0+C}	C _{0/C₀} + C	Dependência espacial	r ²	RSS	Modelo
B	PV 01	0,008	0,223	0,037	Forte	0,566	1,018 10 ⁻³	Exponencial
B	PV 02	0,020	0,096	0,21	Forte	0,7270	2,346 10 ⁻⁴	Exponencial
PP	PV 04	0,027	0,248	0,11	Forte	0,5980	1,225 10 ⁻³	Exponencial
B	PV 05	0,133	0,268	0,50	Moderada	0,7230	1,198 10 ⁻³	Esférico
O	PV 05	0,008	0,171	0,05	Forte	0,2370	4,571 10 ⁻³	Gaussiano
B	PV 07	0,118	0,272	0,44	Moderada	0,9670	3,031 10 ⁻⁴	Esférico
M	PV 07	0,023	0,233	0,10	Forte	0,7240	1,266 10 ⁻³	Gaussiano
O	PV 07	0,036	0,203	0,18	Forte	0,3910	2,718 10 ⁻³	Exponencial
B	PV 08	0,022	0,162	0,14	Forte	0,8300	4,825 10 ⁻⁴	Exponencial
PP	PV 08	1 10-5	0,017	5,9 10 ⁻⁴	Forte	0,1660	5,216 10 ⁻⁵	Exponencial
B	PV 09	0,044	0,205	0,22	Forte	0,9430	1,980 10 ⁻⁴	Exponencial
PP	PV 09	0,018	0,034	0,53	Moderada	0,5100	2,036 10 ⁻⁵	Esférico
Pb	PV 06	0,060	0,180	0,33	Moderada	0,5490	1,387 10 ⁻³	Esférico

Em que: B: bacteriófagos; PP: parasitos de plantas; O: onívoros; M: micófagos; Pb: *Pratylenchus brachyurus*.

4.3 Análise textural e argila total

Na análise textural, primeiramente calculou-se a densidade de partículas (*Dp*) para 1 amostra a aproximadamente cada 10, por área de pivô, e utilizou-se os dados médios, que são apresentados na Tabela 12, para cálculo do tempo de coleta de silte e argila conforme metodologia descrita no item 3.3 deste trabalho.

TABELA 12. Médias das Densidades de partículas (g cm⁻³) calculadas a partir da técnica do balão volumétrico para aproximadamente 1 amostra a cada 10 por área de pivô

<i>Dp</i>	Área de pivô								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Média	2,6047	2,5964	2,6131	2,6147	2,5918	2,5928	2,5939	2,5690	2,5876

Em que *Dp*: Densidade de partículas.

Após realizada análise textural e determinados os teores de areia, silte e argila, observou-se que a classificação do solo variou em Franco-argilo-Arenosa, Franco-argilosa, Argilo arenosa, Argilosa e Muito Argilosa nas diferentes áreas de pivô de acordo com o triângulo de classificação textural (Figura 24).

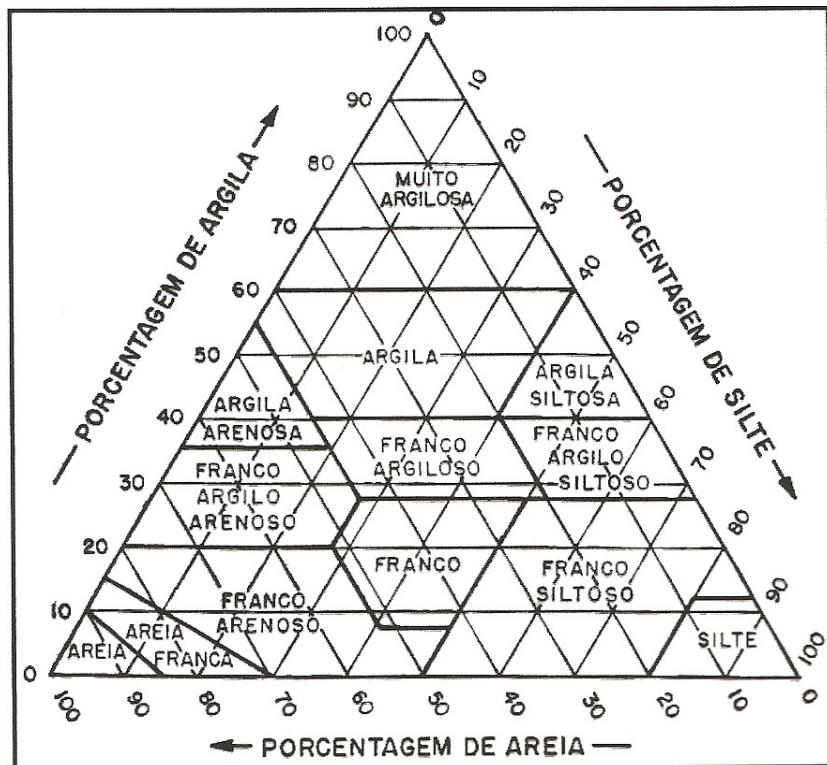


FIGURA 24. Triângulo adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo para classificação das classes texturais do solo (EMBRAPA, 1999).

No entanto, embora na propriedade tenham ocorrido diferentes classes texturais, houve predomínio de uma ou mais classes em cada área de pivô e teores de argila, silte e areia próximos na grande maioria das amostras.

Na área de pivô 01, observou-se a presença das classes texturais Argila, Argila Arenosa e Franco Argilo Arenoso (Figura 33). No entanto, houve predominância da classe textural Argila Arenosa (52%) seguida de Franco Argilo Arenoso (45 %). Constatou-se ainda que apenas 3 % das amostras apresentaram classificação Argilosa.

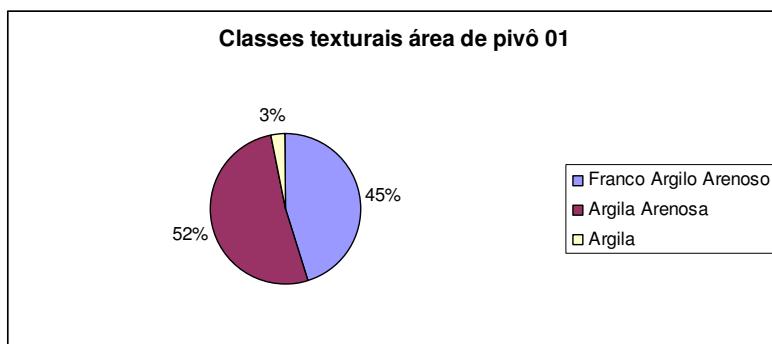


FIGURA 25. Classes texturais presentes na área de pivô 01 e porcentagem de ocorrência de cada classe.

Os valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose dos teores de silte, areia e argila, na área de pivô 01 são apresentados na Tabela 12.

TABELA 13. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 01

Teores (%)	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose	CV (%)
AG	5,3000	15,9041	26,5000	4,1988	17,6301	0,3894	0,0342	26,401
AF	30,6000	41,3316	51,2000	3,7097	13,7616	-0,0303	0,8870	8,975
S	0,7000	7,3031	12,1000	1,6102	2,5929	-0,2485	2,4440	22,048
A	25,3000	35,4622	49,1000	4,4518	19,8183	0,4125	0,4173	12,554

Em que: AG; Areia Grossa; AF: Areia Fina; S: Silte; A: Argila.

De acordo com a Tabela 13, observa-se que as curvas obtidas a partir dos dados tiveram assimetria fraca para areia fina (valores abaixo de 0,15 em módulo) e assimetria moderada para areia grossa, silte e argila (valores entre 0,15 e 1). Quanto à curtose a classificação das curvas geradas foi leptocúrtica (valores menores que 0,263) para areia grossa e platicúrtica (valores menores que 0,263) para areia fina, silte e argila. Por fim, quanto ao coeficiente de variação, de acordo com classificação de Pimentel Gomes (2000), observou-se que o valor foi baixo para areia fina, médio para argila e alto para areia grossa e silte.

Na área de pivô 02, observou-se a presença das classes texturais Argila, Muito Argilosa, Argila Arenosa e Franco Argilo Arenoso. No entanto, como mostra a Figura 26, nessa área houve predominância da classe textural Argila.

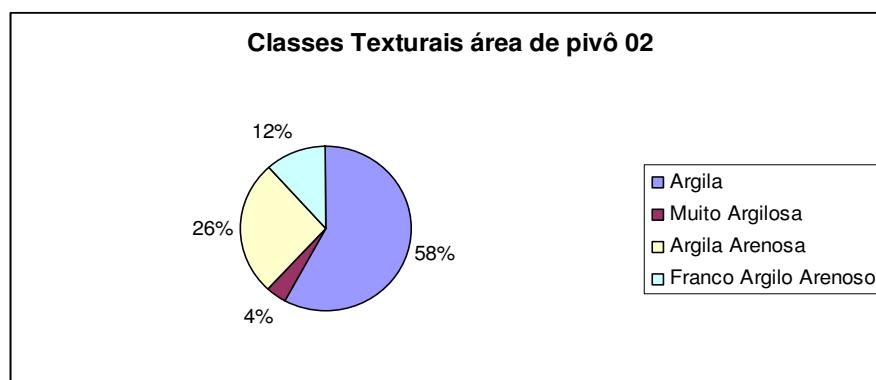


FIGURA 26. Classes texturais presentes na área de pivô 02 e porcentagem de ocorrência de cada classe.

Os valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação dos teores de silte, areia e argila na área de pivô 02, são apresentados na Tabela 14.

TABELA 14. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação (CV) para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 02

Fração	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose	CV (%)
AG	6,3000	12,1382	32,3000	5,0014	25,0141	1,8520	3,9790	41,204
AF	16,8000	31,9814	48,4000	6,3529	40,3599	0,3130	-0,5007	19,864
S	0,1000	8,6912	13,2000	2,5308	6,4050	-1,0768	1,6709	29,119
A	25,3000	47,1863	68,2000	8,7083	75,8341	-0,6133	0,0257	18,455

Em que: AG; Areia Grossa; AF: Areia Fina; S: Silte; A: Argila.

De acordo com a Tabela 14, observa-se que as curvas obtidas a partir dos dados tiveram assimetria moderada para areia fina e argila (valores entre 0,15 e 1) e assimetria forte para areia grossa e silte (valores acima de 1). Quanto à curtose a classificação das curvas geradas foi leptocúrtica para areia fina, silte e argila e platicúrtica para areia grossa. Por fim, quanto ao coeficiente de variação, de acordo com classificação de Pimentel Gomes (2000), observou-se que o valor foi médio para areia fina e argila, alto para silte e muito alto para areia grossa.

Na área de pivô 03, observou-se a presença das classes texturais Muito Argilosa, Argila e Argila Arenosa. No entanto, como mostra a Figura 35, nessa área houve predominância da classe textural Argila.

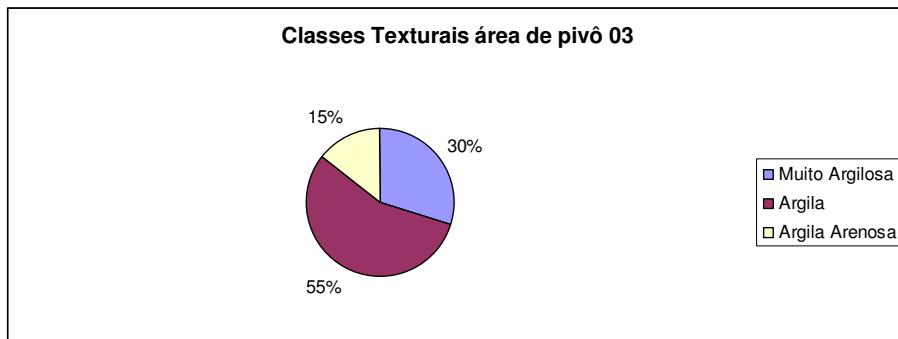


FIGURA 27. Classes texturais presentes na área de pivô 03 e porcentagem de ocorrência de cada classe.

Os valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação dos teores de silte, areia e argila, na área de pivô 03, são apresentados na Tabela 15.

TABELA 15. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 03

Fração	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose	CV (%)
AG	5,3000	10,5854	30,3000	4,5966	21,1285	1,4151	2,2467	43,424
AF	7,6000	24,6748	36,9000	6,1650	38,0068	-0,2396	-0,4823	24,985
S	1,8000	9,5680	23,7000	3,3017	10,9012	1,2701	4,3993	34,506
A	39,7000	55,1602	69,3000	0,7422	7,5321	56,7330	-0,0310	1,345

Em que: AG; Areia Grossa; AF: Areia Fina; S: Silte; A: Argila.

De acordo com a Tabela 15, observa-se que as curvas obtidas a partir dos dados tiveram assimetria moderada para areia fina e assimetria forte para areia grossa, silte e argila. Quanto à curtose a classificação das curvas geradas foi leptocúrtica para areia fina e argila e platicúrtica para areia grossa e silte. Por fim, quanto ao coeficiente de variação, de acordo com classificação de Pimentel Gomes (2000), constatou-se que o valor foi baixo para argila, alto para areia fina e muito alto para silte e areia grossa.

Na área de pivô 04, observou-se a presença das classes texturais Argila, Muito Argilosa, Argila Arenosa e Franco Argilo Arenoso. No entanto, como mostra a Figura 36, nessa área houve predominância da classe textural Argila Arenosa (71 % das amostras).

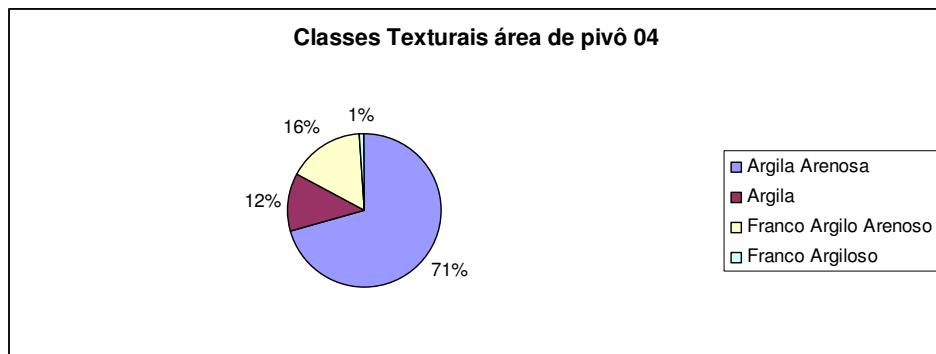


FIGURA 28. Classes texturais presentes na área de pivô 04 e porcentagem de ocorrência de cada classe.

Os valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose dos teores de silte, areia e argila são apresentados na Tabela 16.

TABELA 16. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 04

Fração	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose	CV (%)
AG	10,7000	19,3371	39,5000	5,2569	27,6349	1,2809	2,3381	27,1856
AF	15,7000	32,7924	44,9000	4,7712	22,7647	-0,2698	1,5357	14,5497
S	1,7000	7,5876	27,1000	2,9985	8,9907	3,4034	17,9754	39,5184
A	22,7000	40,2752	54,4000	5,6853	32,3225	-0,3438	0,7966	14,1161

Em que: AG; Areia Grossa; AF: Areia Fina; S: Silte; A: Argila.

De acordo com a Tabela 16, observa-se que as curvas obtidas a partir dos dados tiveram assimetria moderada para areia fina e argila e assimetria forte para areia grossa e silte. Quanto à curtose a classificação das curvas geradas foi platicúrtica para todos os atributos físicos em estudo. Por fim, quanto ao coeficiente de variação, de acordo com classificação de Pimentel Gomes (2000), observou-se que o valor foi médios para areia fina e argila, alto para areia grossa e muito alto para silte.

Na área de pivô 05, observou-se a presença das classes texturais Argila, Argila Arenosa e Franco Argilo Arenoso. No entanto, como mostra a Figura 37, nessa área houve predominância da classe textural Franco Argilo Arenoso (47 %), no entanto a maior parte do restante das amostras apresentou a classe Argila Arenosa (40%).

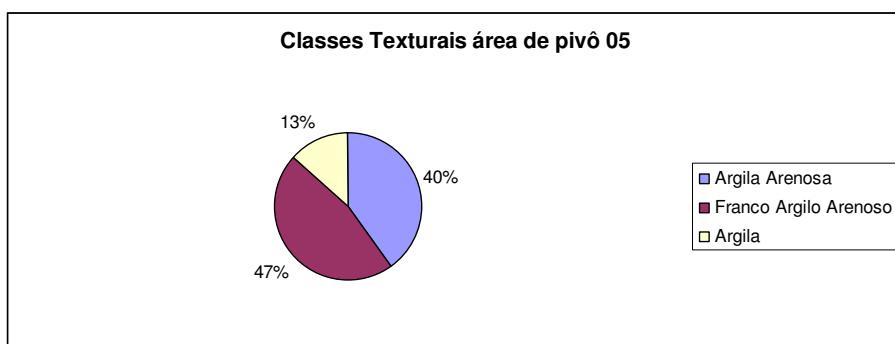


FIGURA 29. Classes texturais presentes na área de pivô 05 e porcentagem de ocorrência de cada classe.

Os valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação dos teores de silte, areia e argila são apresentados na Tabela 18.

TABELA 17. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 05

Fração	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose	CV
AG	9,6000	16,8400	28,8000	4,7495	22,5577	0,7040	-0,1198	28,2037
AF	29,4000	38,5367	47,9000	5,5409	30,7017	0,1703	-1,1977	14,3782
S	4,7000	7,4800	11,1000	1,3479	1,8168	0,4758	0,9204	18,0201
A	26,2000	37,1400	52,4000	8,1676	66,7094	0,2589	-1,2255	21,9914

Em que: AG; Areia Grossa; AF: Areia Fina; S: Silte; A: Argila.

De acordo com a Tabela 17, observa-se que as curvas obtidas a partir dos dados tiveram assimetria moderada para todos os atributos físicos em estudo. Quanto à curtose a classificação das curvas geradas foi leptocúrtica para areia grossa, areia fina e argila e platicúrtica para areia silte. Por fim, quanto ao coeficiente de variação, de acordo com classificação de Pimentel Gomes (2000), observou-se que o valor foi médio para areia fina e silte e alto para areia grossa e argila.

Na área de pivô 06, observou-se a presença das classes texturais Argila, Argila Arenosa e Franco Argilo Arenoso. No entanto, como mostra a Figura 38, nessa área houve predominância da classe textural Franco Argilo Arenoso.

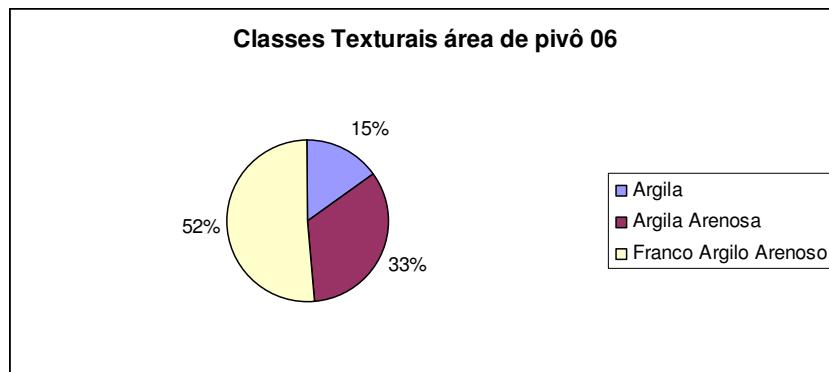


FIGURA 30. Classes texturais presentes na área de pivô 06 e porcentagem de ocorrência de cada classe.

Os valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação dos teores de silte, areia e argila, na área de pivô 06, são apresentados na Tabela 18.

TABELA 18. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 06

Fração	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose	CV (%)
AG	5,3000	16,0636	26,3000	4,5434	20,6421	-0,1173	-0,6033	28,2838
AF	2,0000	38,1737	53,1000	8,9246	79,6481	-1,4238	2,7088	23,3789
S	2,7000	8,8051	29,4000	4,4317	19,6401	2,3309	5,9094	50,3311
A	21,8000	36,9586	58,0000	7,7139	59,5039	0,7760	0,3624	20,8717

Em que: AG; Areia Grossa; AF: Areia Fina; S: Silte; A: Argila.

De acordo com a Tabela 18, observa-se que as curvas obtidas a partir dos dados tiveram assimetria fraca para areia grossa (menor que 0,15), moderada para argila e alta para areia fina e silte. Quanto à curtose a classificação das curvas geradas foi leptocúrtica para areia grossa e platicúrtica para areia fina, silte e argila. Por fim, quanto ao coeficiente de variação, de acordo com classificação de Pimentel Gomes (2000), observou-se que o valor foi alto para areia grossa, areia fina e argila e muito alto para silte.

Na área de pivô 07, observou-se a presença das classes texturais Argila, Muito Argilosa, Argila Arenosa, Franco Argilo Arenoso, Franco Arenoso e Franco Argiloso. No entanto, como mostra a Figura 31, nessa área houve predominância das classes texturais Argila Arenosa, Franco Argilo Arenoso e Argila.

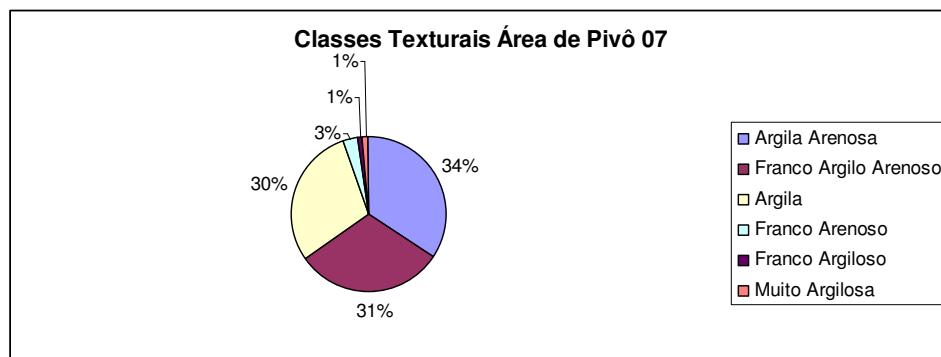


FIGURA 31. Classes texturais presentes na área de pivô 07 e porcentagem de ocorrência de cada classe.

Os valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação dos teores de silte, areia e argila, na área de pivô 07, são apresentados na Tabela 19.

TABELA 19. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 07

Fração	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose	CV (%)
AG	1,6000	16,7138	33,9000	6,7372	45,3905	0,4257	-0,4845	40,3092
AF	16,5000	33,2500	47,4000	7,2747	52,9210	-0,4353	-0,2930	21,8788
S	4,4000	9,7447	24,6000	4,5534	20,7337	1,3636	1,1034	46,7269
A	17,3000	40,2883	65,4000	10,5664	111,6484	-0,0033	-0,6570	26,2270

Em que: AG; Areia Grossa; AF: Areia Fina; S: Silte; A: Argila.

De acordo com a Tabela 19, observa-se que as curvas obtidas a partir dos dados tiveram assimetria fraca para argila, moderada para areia grossa e areia fina e forte para silte. Quanto à curtose a classificação das curvas geradas foi leptocúrtica para areia grossa, areia fina e argila e platicúrtica para silte. Por fim, quanto ao coeficiente de variação, de acordo com classificação de Pimentel Gomes (2000), observou-se que o valor foi alto para areia fina e argila e muito alto para areia grossa e silte.

Na área de pivô 08, observou-se a presença das classes texturais Argila, Muito Argilosa, Argila Arenosa e Franco Argilo Arenoso. No entanto, como mostra a Figura 32, nessa área houve predominância da classe textural Argila Arenosa.

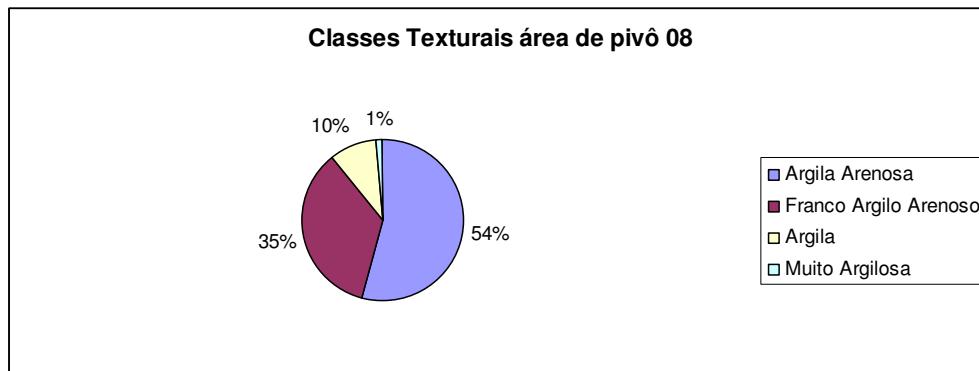


FIGURA 32. Classes texturais presentes na área de pivô 08 e porcentagem de ocorrência de cada classe.

Os valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação dos teores de silte, areia e argila, na área de pivô 08, são apresentados na Tabela 20.

TABELA 20. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 08

Fração	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose	CV (%)
AG	1,7000	14,4216	46,1000	5,6817	32,2813	1,9951	8,2544	39,3972
AF	6,2000	38,5500	52,3000	7,0751	50,0568	-1,7640	5,5226	18,3531
S	2,9000	8,2863	23,4000	2,9078	8,4555	2,2516	9,1606	35,0917
A	26,7000	38,7441	68,7000	7,0769	50,0819	1,1972	2,4490	18,2658

Em que: AG; Areia Grossa; AF: Areia Fina; S: Silte; A: Argila.

De acordo com a Tabela 20, observa-se que as curvas obtidas a partir dos dados tiveram assimetria forte para todos os atributos físicos em estudo. Quanto à curtose a classificação das curvas geradas foi leptocúrtica para todos os atributos químicos em estudo. Por fim, quanto ao coeficiente de variação, de acordo com classificação de Pimentel Gomes (2000), observou-se que o valor foi médio para areia fina e argila, e muito alto para areia grossa e silte.

Na área de pivô 09, observou-se a presença das classes texturais Argila, Muito Argilosa, Argila Arenosa e Franco Argilo Arenoso e Franco Arenoso. No entanto, como mostra a Figura 33, nessa área houve predominância das classes texturais Argila Arenosa, Franco Argilo Arenoso e Argila.

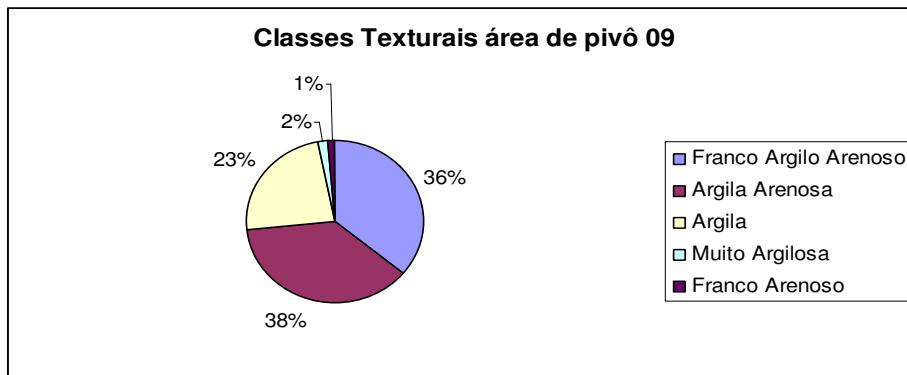


FIGURA 33. Classes texturais presentes na área de pivô 09 e porcentagem de ocorrência de cada classe.

Os valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação dos teores de silte, areia e argila, na área de pivô 09, são apresentados na Tabela 21.

TABELA 21. Valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão, variância, assimetria, coeficiente de variação (CV) e curtose para Areia Grossa, Areia Fina, Silte e Argila na área de pivô 09

Fração	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose	CV (%)
AG	3,3000	15,6426	38,5000	5,2773	27,8502	0,5870	2,5398	33,7367
AF	10,2000	36,0723	49,0000	8,8465	78,2603	-0,8054	-0,0551	24,5244
S	0,4000	10,3372	28,6000	5,5380	30,6699	0,8439	0,6703	53,5735
A	8,7000	37,9500	61,3000	8,7846	77,1692	0,2941	0,7342	23,1478

Em que: AG; Areia Grossa; AF: Areia Fina; S: Silte; A: Argila.

De acordo com a Tabela 21, observa-se que as curvas obtidas a partir dos dados tiveram assimetria moderada para todos os atributos físicos em estudo. Quanto à curtose a classificação das curvas geradas foi leptocúrtica para areia fina e platicúrtica para areia grossa, silte e argila. Por fim, quanto ao coeficiente de variação, de acordo com classificação de Pimentel Gomes (2000), observou-se que o valor foi alto para areia fina e argila e muito alto para areia grossa e silte.

A partir dos dados obtidos, concluiu-se que houve áreas com diferentes teores de cada fração do solo, demonstrando variações importantes na área quanto a granulometria. Isso interfere diretamente na porosidade do solo e consequentemente no favorecimento ou desfavorecimento de populações de nematoides. Isso porque solos arenosos, geralmente mais porosos, associados a teores de umidade adequados, auxiliam na movimentação dos nematoides ao longo do perfil do solo, local onde passam pelo menos parte do seu ciclo de vida. Além disso, os resultados demonstram que não considerar essas variações, que foram grandes de acordo com os dados, podem ocasionar erros na aplicação da agricultura de precisão tendo em vista que a maioria das recomendações de aplicação de fertilizantes e corretivos do solo se baseiam na análise textural utilizando, como parâmetro para as doses a serem aplicadas, os teores de argila em %.

Na agricultura convencional, rotineiramente essas variações não são consideradas partindo do pressuposto que a classificação textural é homogênea nos diferentes talhões bem como os teores de areia, silte e argila. Dessa forma, a amostragem consiste na separação em glebas ou talhões de áreas consideradas homogêneas de aproximadamente 10 a 20 ha em função da topografia, últimas culturas instaladas, cor do solo, dentre outros fatores. Embora esses critérios sejam válidos para a obtenção de amostras representativas

de solo para análise de fertilidade, muitas vezes são falhas para obtenção de representatividade em nível de textura do solo em propriedades agrícolas.

Os questionamentos quanto às análises granulométricas do solo se tornaram frequentes diante da agricultura de precisão, observando-se a necessidade de avaliar as variações de resultados e dos motivos que os favorecem. Isso em função de possíveis distorções, levando-se em consideração o grande número de metodologias e adaptações feitas por laboratórios, principalmente em relação aos diferentes métodos de dispersão das frações do solo.

Em Minas Gerais, o Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solo de Minas Gerais (PROFERT MG) é a instituição responsável por promover a avaliação interlaboratorial das análises químicas de solo, indicadas como padrões pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Ou seja, existe um controle da homogeneidade da consistência dos dados obtidos com amostras de controle enviadas a todos os laboratórios de análise de solo credenciados. No entanto, a representatividade da área depende de métodos eficientes de amostragem que deve ser feita da forma mais adequada possível, o que nem sempre tem sido observado. A agricultura de precisão, na maioria das vezes, auxilia na obtenção de resultados mais próximos da realidade quanto à fertilidade do solo, no entanto, falhas na identificação das variações de teores das frações granulométricas do solo podem induzir a erros de aplicação de adubos e corretivos que promovem perdas da eficiência na aplicação da agricultura de precisão de forma geral.

Estudos de geoestatística também têm demonstrado a necessidade de avaliar conjuntamente as variações de granulometria do solo. De acordo com Shing *et al* (2012) a textura de um solo é uma característica altamente variável sendo que encontraram variação entre 30 % e 68 % nos teores de argila em solo hidromórfico em uma estação experimental nas profundidades de 0 - 20 cm. Na mesma profundidade de amostragem Long *et al.* (2013) também encontraram diferenças nos teores de argila, variando entre 36 % e 68,1 %, em área experimental da Embrapa Gado de Corte em Campo Grande, no estado do Mato Grosso do Sul considerando 74 pontos de amostragem.

Em trabalho de Silva *et al.* (2009 b), foram coletadas amostras em 40 pontos na projeção de cafeiro, em malha regular em duas áreas: sob manejo orgânico e convencional do solo, na profundidade de 0 - 10 cm. Observaram que houve dependência espacial e ajustaram os semivariogramas aos modelos esférico e exponencial para o atributo físico em questão. Os teores de argila variaram desde teores de 20 % até valores acima de 48,8 %.

Zucoloto *et al.* (2011) estudaram uma parcela experimental de Argissolo Amarelo Distrófico Arênico, cultivada com bananeira Prata Anã, coletando amostras em 100 pontos e também encontraram variações na distribuição espacial das frações granulométricas do solo. Da mesma forma, observaram variações nos teores de argila que foram de 13,75 % até 30,52 %.

Na análise textural, utilizou-se apenas o teor de argila de cada amostra para montar os semivariogramas e mapas por krigagem de argila total (%) (Figuras 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 e 50). Isso, porque em estudos nematológicos a referência para inferir se um solo é mais ou menos favorável ao desenvolvimento de espécies de nematoides é a % de argila ou de areia que um solo apresenta. Dessa forma, utilizaram-se os teores de argila expressos em % de forma a facilitar a interpretação dos dados comparativamente às populações de nematoides no solo.

No ajuste de semivariogramas, observou-se que a maior parte deles, para teores de argila (%), apresentaram tendência nos dados que nada mais é que a não estacionaridade da variável em estudo dificultando ajuste de modelos na determinação de semivariogramas (VIEIRA, 1997; GUIMARÃES, 2004). Gonçalves *et al.* (2001) também encontraram tendência nos teores de silte, areia e argila em um Argissolo Vermelho e ressaltam a importância da remoção da mesma. Para Vieira *et al.* (1983) quando a variável apresenta tendência de dados, a tendência deve ser removida antes do ajuste do semivariograma sendo recomendado o uso da superfície de tendência para remoção.

Dessa forma, na montagem dos semivariogramas, quando não foi possível ajuste devido a problema de tendência, utilizaram-se os dados dos resíduos, construindo-se os mapas a partir dos dados originais. Isso pode ser visualizado nas Figuras 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 e 42.

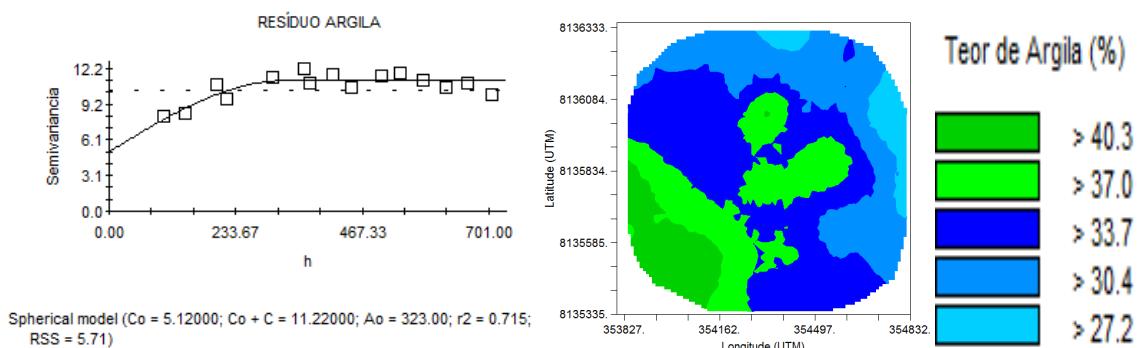


FIGURA 34. Semivariograma ajustado para resíduos dos teores de argila total (%) e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) com dados originais, gerado a partir de krigagem na área de pivô 01.

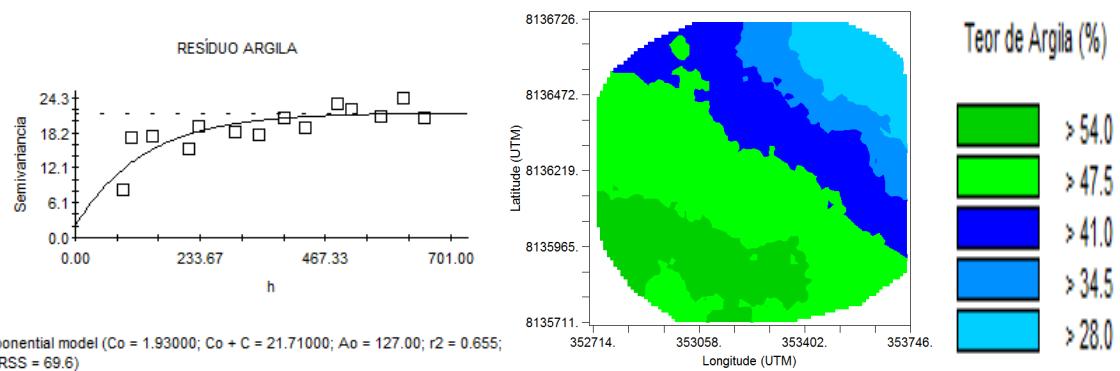


FIGURA 35. Semivariograma ajustado para resíduos dos teores de argila total (%) e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) com dados originais, gerado a partir de krigagem na área de pivô 02.

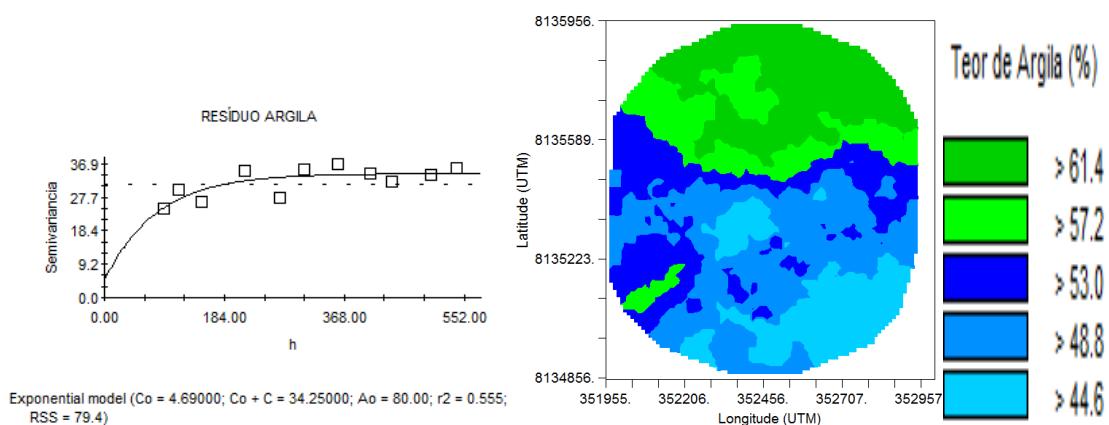


FIGURA 36. Semivariograma ajustado para resíduos dos teores de argila total (%) e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) com dados originais, gerado a partir de krigagem na área de pivô 03.

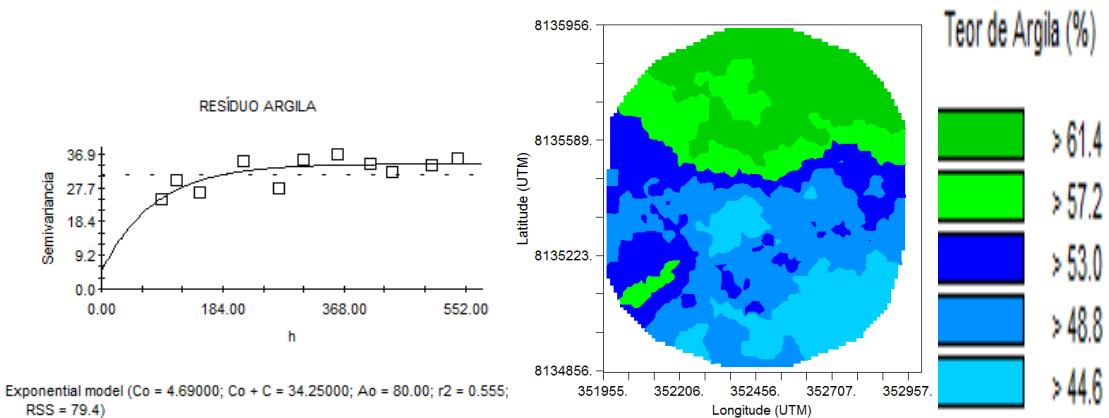


FIGURA 37. Semivariograma para resíduos dos teores de argila total (%) e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) (à direita) com dados originais gerado a partir de krigagem na área de pivô 04.

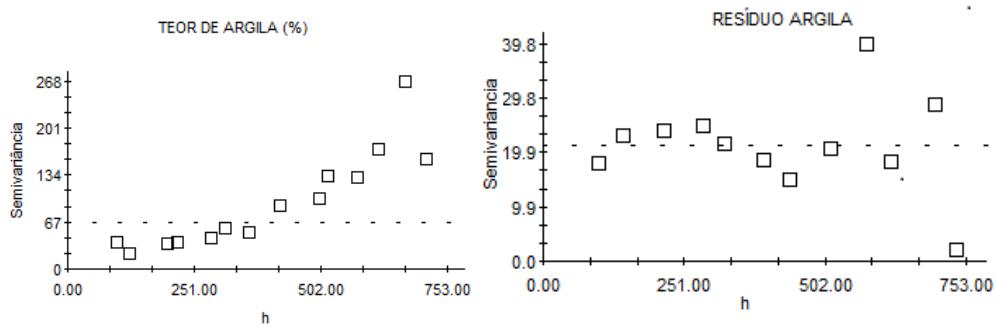


FIGURA 38. Semivariograma para teor de argila total (%) e semivariograma para resíduos do teor de argila total, mostrando independência espacial de teor de argila na área de pivô 05.

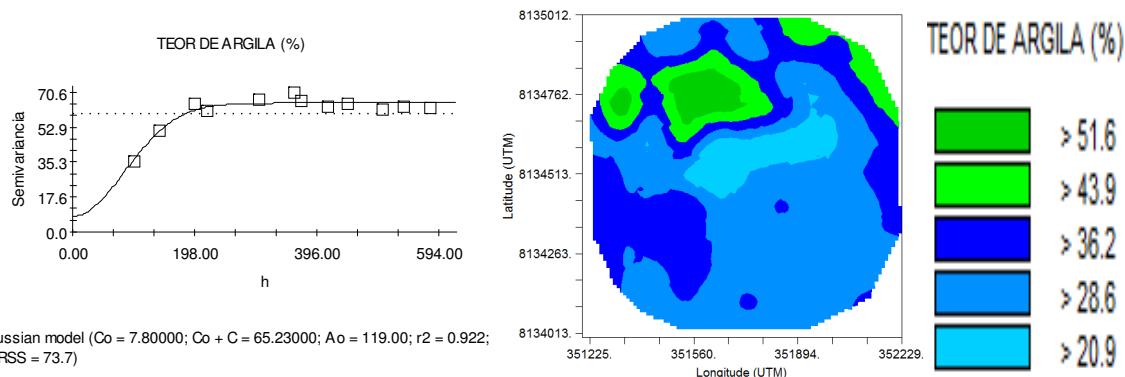


FIGURA 39. Semivariograma para teores de argila total (%) e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) gerado a partir de krigagem na área de pivô 06.

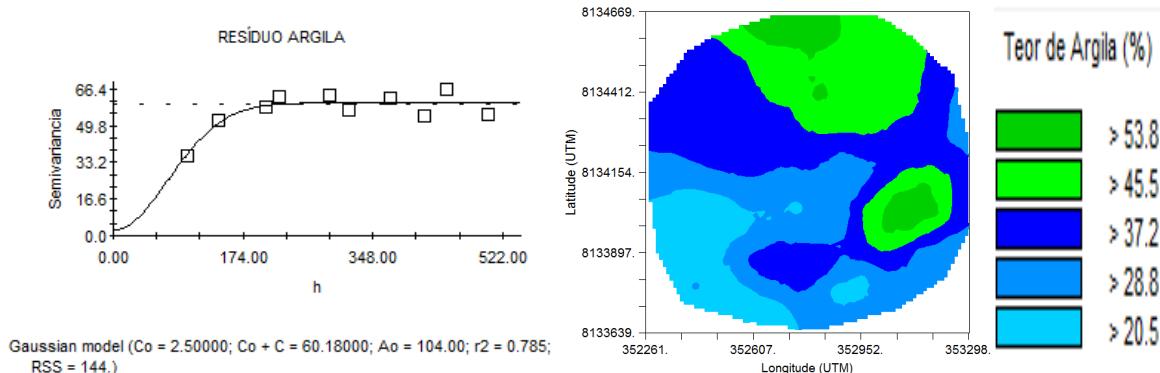


FIGURA 40. Semivariograma para resíduos dos teores de argila total (%) e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) com dados originais gerado a partir de krigagem na área de pivô 07.

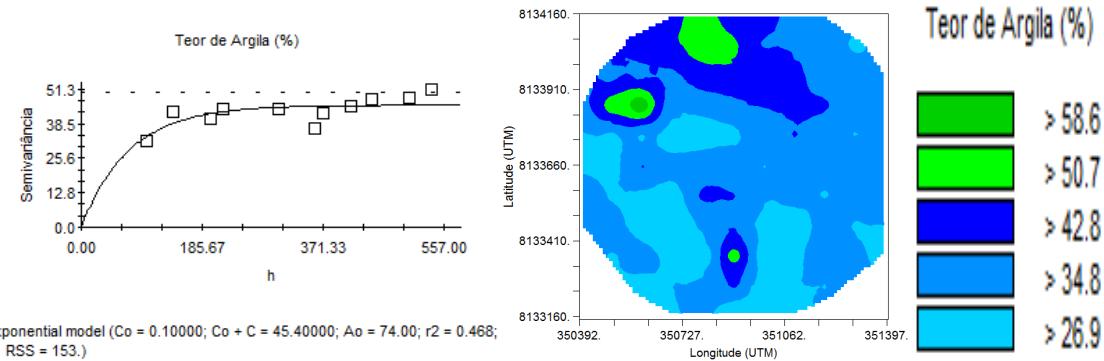


FIGURA 41. Semivariograma para teores de argila total (%) encontrados e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) com dados originais, gerado a partir de krigagem na área de pivô 08.

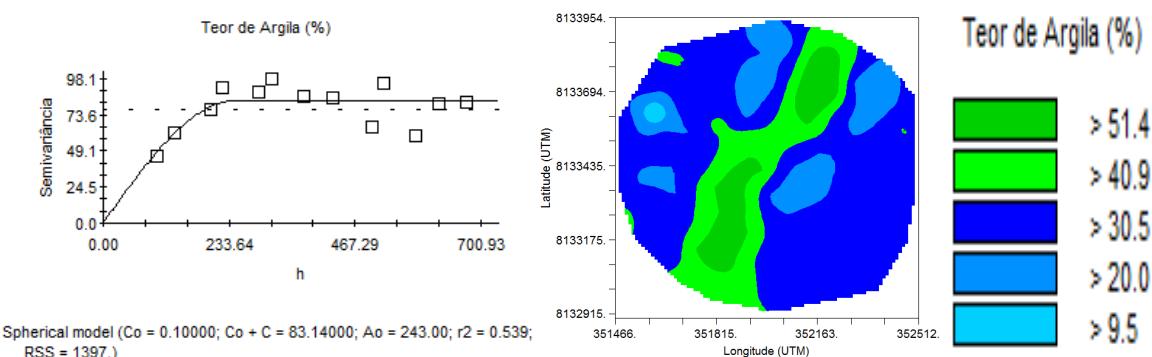


FIGURA 42. Semivariograma para teores de argila total (%) encontrados e mapa de distribuição espacial de teor de argila total (%) com dados originais, gerado a partir de krigagem na área de pivô 09.

A partir das Figuras 34, 35, 36, 37 e 38 constatou-se tendência nos dados nas áreas de pivô 01, 02, 03, 04 e 07, tanto a partir dos dados originais quanto dos resíduos gerados, indicando independência espacial, que ocorreu, de acordo com os mapas, em função de vários pontos possuírem teores de argila (%) muito próximos quando comparados com os resultados vizinhos. Na área de pivô 05, a partir dos semivariogramas ajustados para teor de argila e, posteriormente, para os resíduos de argila, constatou-se independência espacial para teor de argila (Figura 38). Já nas áreas 06, 08 e 09 houve dependência espacial e ajustes gaussiano, exponencial e esférico respectivamente (Figuras 39, 41 e 42).

4.4 Atributos químicos do solo

Quanto aos atributos químicos do solo, observou-se a presença de tendência, em alguns casos, sendo necessário o cálculo dos resíduos para construção dos

semivariogramas. No entanto, para os atributos químicos estudados, os semivariogramas dos resíduos resultaram em efeito pepita puro demonstrando que a tendência é a melhor

Houve também a continuidade espacial de vários atributos químicos que podem ser observados a partir dos mapas, provavelmente devido à aplicação de adubação e corretivos de solo em doses diferenciadas sendo que a propriedade Rio Preto já se utiliza da agricultura de precisão para tal finalidade. Corá *et al.* (2006) em estudo de uma área onde foi realizada calagem e fosfatagem em doses variadas, observaram aumento da continuidade espacial desses atributos.

4.4.1 Atributos químicos do solo da área de pivô 01

A estatística descritiva de cada atributo químico do solo para a área de pivô 01 foi avaliada e os resultados encontram-se na Tabela 22.

TABELA 22. Valores de mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 01

Variável	Mín.	Média	Máx.	Desvio Padrão	Variância	Assim.	Curtose	CV (%)
pH em Água	5,17	6,13	7,12	0,46	0,22	-0,14	-0,73	7,57
P-rem*	23,13	32,02	75,71	5,71	32,55	4,50	32,50	17,82
P**	9,36	35,26	111,02	19,13	366,04	1,27	1,79	54,25
K ⁺ ***	41,00	88,54	312,00	3,73	36,96	2,68	12,54	41,74
Ca ^{2+***}	1,84	3,07	4,82	0,55	0,30	0,26	0,19	17,94
Mg ^{2+***}	0,54	1,04	1,99	0,29	0,08	0,69	0,55	27,86
Al ^{3+ ***}	0,01	0,08	0,55	0,09	0,01	2,72	7,84	111,04
H + Al***	1,18	1,83	2,86	0,38	0,15	0,43	-0,46	21,00
SB***	2,68	4,34	7,61	0,84	0,71	0,60	1,17	19,40
CTC (t) ***	3,05	4,42	7,65	0,78	0,62	0,86	1,65	17,75
CTC (T)***	4,76	6,16	9,33	0,69	0,48	1,00	2,86	11,25
V (%)	50,85	69,92	83,41	7,53	56,71	-0,55	-0,27	10,77
m (%)	0,17	2,22	14,89	2,86	8,17	2,60	6,63	128,84

*valores em mg L⁻¹; **valores em mg dm⁻³; ***valores em Cmolc dm⁻³. Em que: Al³⁺: Alumínio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiónica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K⁺: Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio; Mg²⁺: Magnésio trocável; P: fósforo; P-rem: Fósforo remanescente; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

De acordo com a tabela, observa-se, pelo valor da média, que o pH do solo em parte da área de pivô 01, está acima do que é recomendável para a agricultura, que varia de 6,0 a

6,5. Valores de pH altos no solo podem provocar indisponibilidade de nutrientes e ser tão ou mais danoso à nutrição de plantas quanto valores baixos. Para o atributo químico em questão, o modelo que melhor se ajustou foi o exponencial, embora a dependência espacial tenha sido moderada ($C_0/C_0 + C_i = 0,38$), com valor de r^2 de 0,641. De acordo com o mapa de distribuição espacial (Figura 51), parte da área em questão encontra-se com valores de pH acima do recomendado (áreas em verde escuro) sendo que nas demais áreas os valores de pH encontram-se adequados para a agricultura de acordo com a CFSEMG. A partir dos resultados, constata-se ainda que a curva gerada a partir dos dados é assimétrica positiva baixa e que a mesma é platicúrtica.

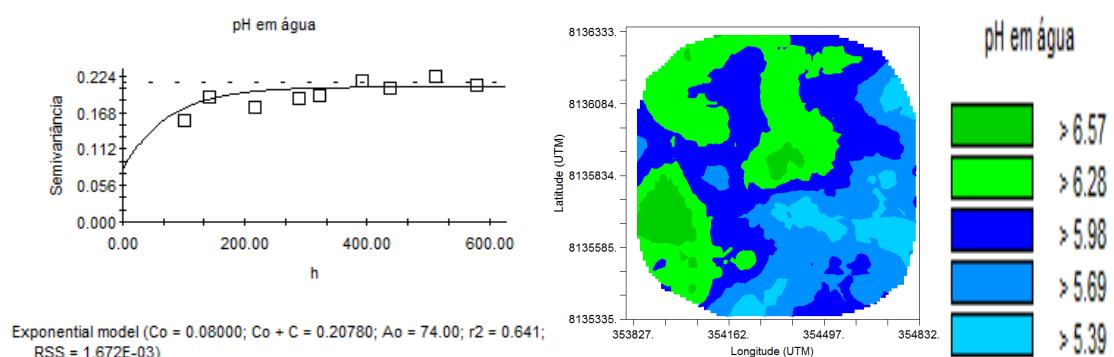


FIGURA 43. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 01.

Após a caracterização do pH do solo, fez-se a caracterização dos demais atributos químicos do solo. Observou-se que os valores em módulo de P-rem, P, K⁺, Al³⁺, CTC (T) e m(%) apresentaram valores superiores ou iguais a 1, indicando assimetria forte. Já os valores em módulo de Ca²⁺, Mg²⁺, H + Al, SB, CTC (t) e V (%) foram inferiores a 1 e superiores a 0,15, indicando assimetria moderada. Quanto à curtose, constatou-se que as curvas obtidas a partir dos dados de Ca²⁺, H + Al e V (%) foram leptocúrticas enquanto para P-rem, P, K⁺, Mg²⁺, Al³⁺, SB, CTC (t), CTC (T) e m (%) as curvas obtidas foram platicúrticas.

De acordo com Pimentel Gomes (2000), em experimentos de campo, caso o coeficiente de variação seja inferior a 10 %, se diz que o coeficiente de variação é baixo resultando em alta precisão. Já coeficiente de variação de 10 a 20 % são considerados médios, resultando em boa precisão, se for de 20 a 30 %, alto, resultando em baixa precisão e acima de 30 %, muito alto. Dessa forma, constata-se que o coeficiente de variação foi baixo apenas para pH em água, médios para P-rem, Ca²⁺, SB, CTC (T), CTC

(t) e V (%), alto para Mg^{2+} e $H + Al$ e muito alto para P, K^+ , Al^{3+} e m (%). Quanto a Al^{3+} e m (%), observou-se coeficientes de variação extremamente elevados, principalmente em função dos valores muito baixos de alumínio no solo e, portanto, da saturação por alumínio. Isso é importante, pois a utilização de corretivos de solo ao longo do tempo tende a precipitar todo o alumínio trocável o que evita toxidez por alumínio às plantas.

Quanto aos valores encontrados em estudo, observou-se, de acordo com os mapas que o alumínio trocável (Al^{3+}) apresentou valores baixos praticamente em toda a área, o que é adequado para a agricultura sendo que poucas áreas apresentaram valores de alumínio tóxico próximos a $0,2 \text{ Cmolc dm}^{-3}$ ou superiores (áreas em verde). Para saturação por alumínio o mesmo efeito é observado, sendo a saturação por alumínio em toda a área baixa.

A seguir são apresentados os semivariogramas e mapas de distribuição espacial para os demais atributos químicos do solo na área de pivô 01 (Figura 44 até Figura 55).

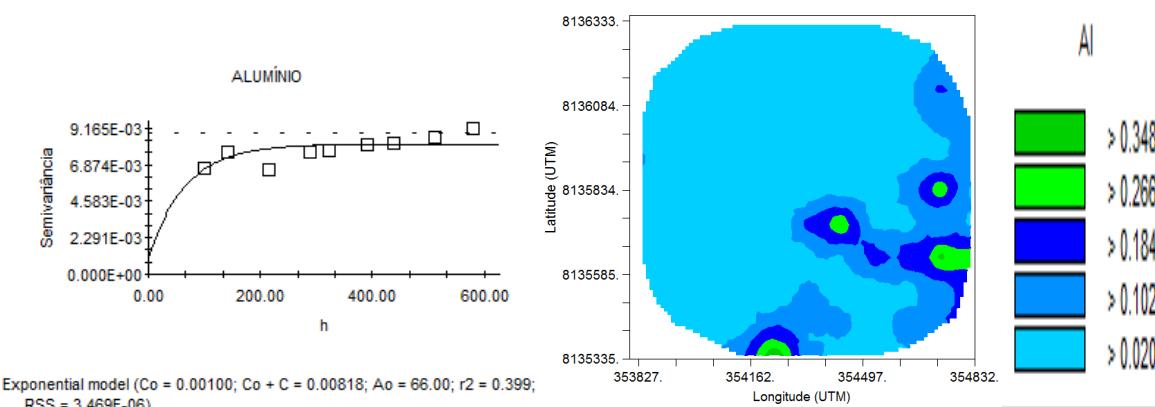


FIGURA 44. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para alumínio (Al^{3+}) na área de pivô 01.

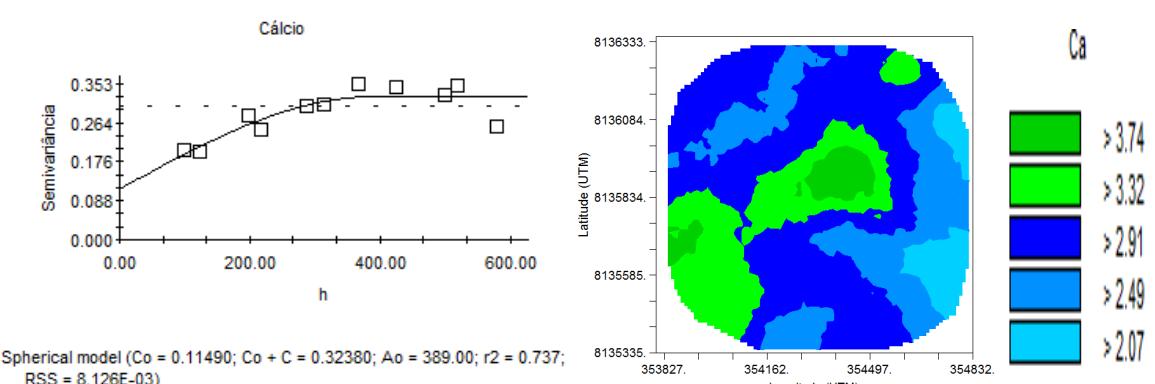


FIGURA 45. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 01.

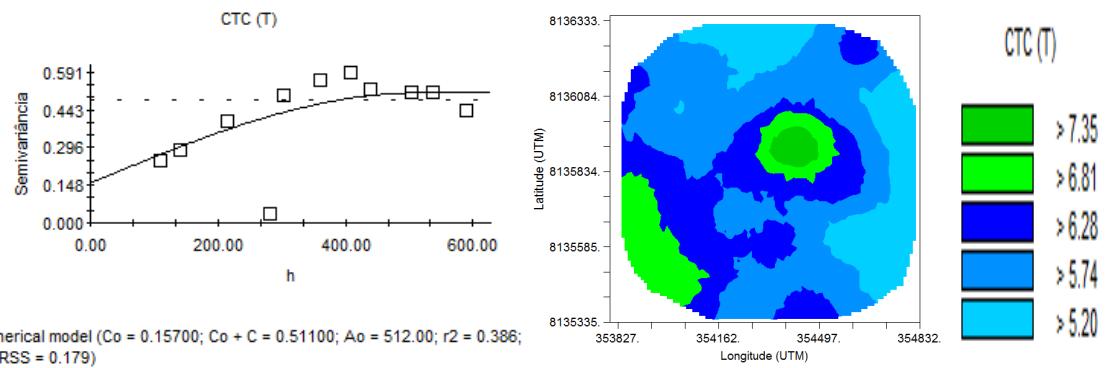


FIGURA 46. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (T) na área de pivô 01.

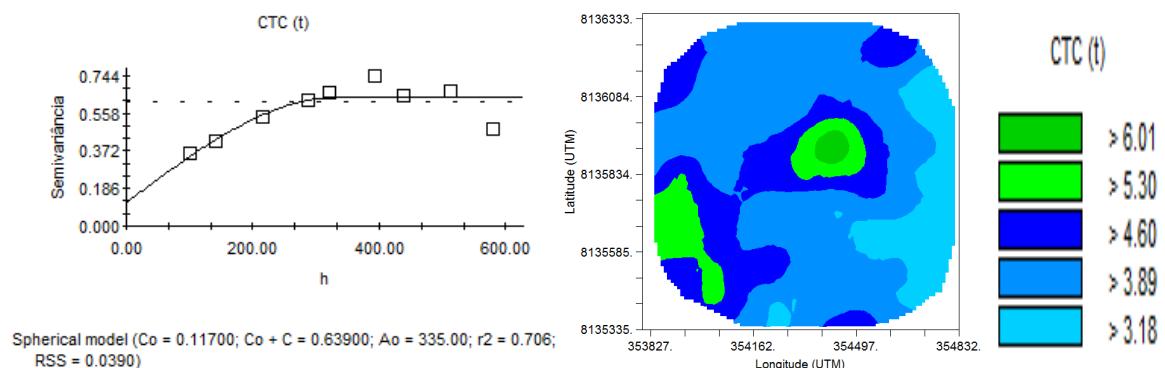


FIGURA 47. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (t) na área de pivô 01.

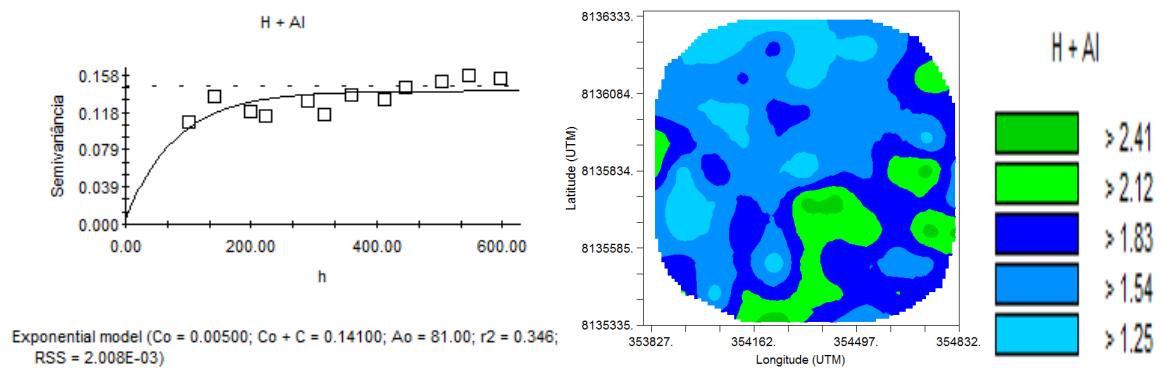


FIGURA 48. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para H + Al na área de pivô 01.

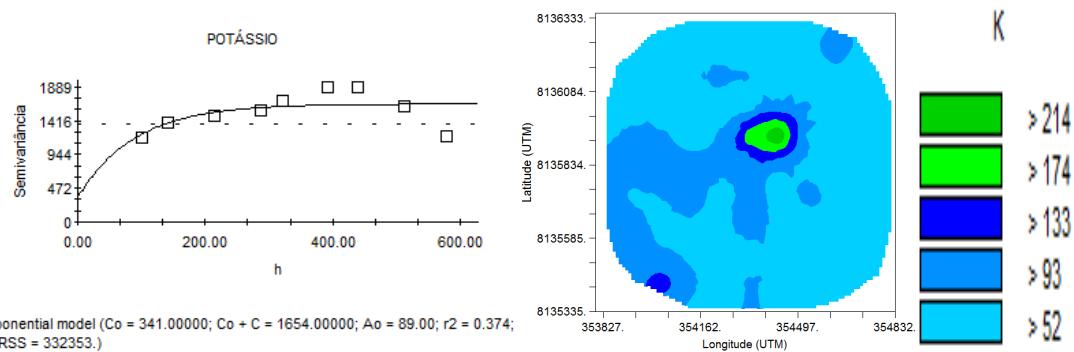


FIGURA 49. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para potássio (K^+) na área de pivô 01.

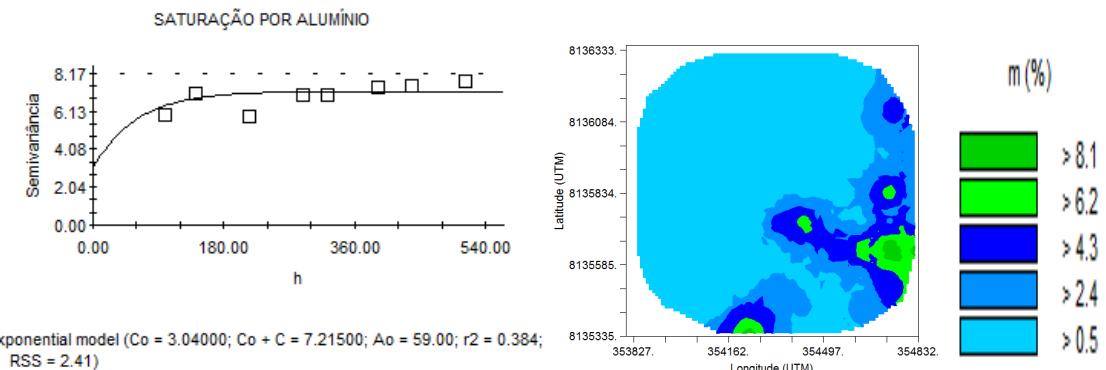


FIGURA 50. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por alumínio (m (%)) na área de pivô 01.

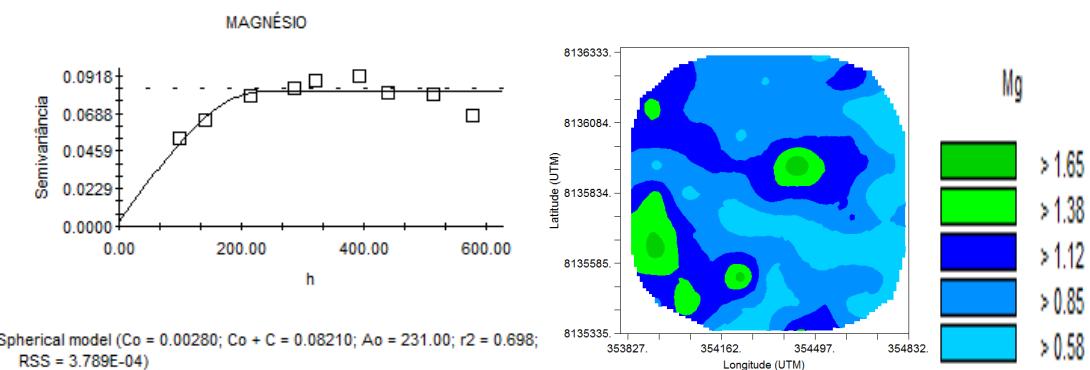


FIGURA 51. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 01.

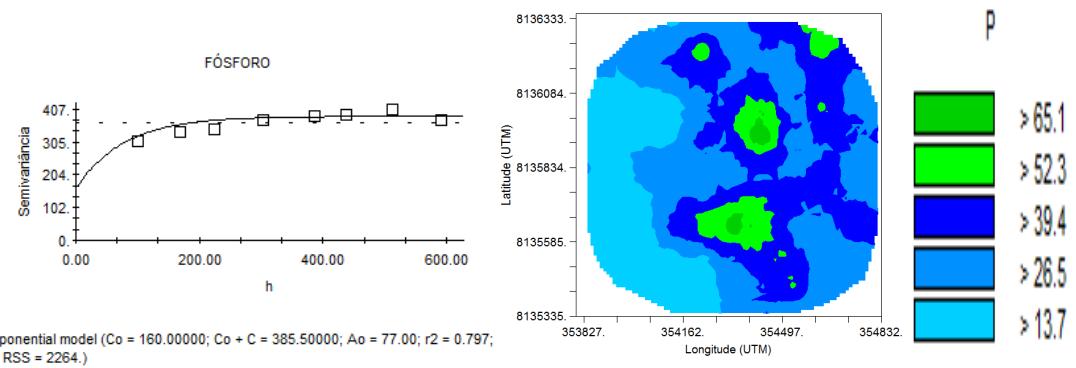


FIGURA 52. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para fósforo (P) na área de pivô 01.

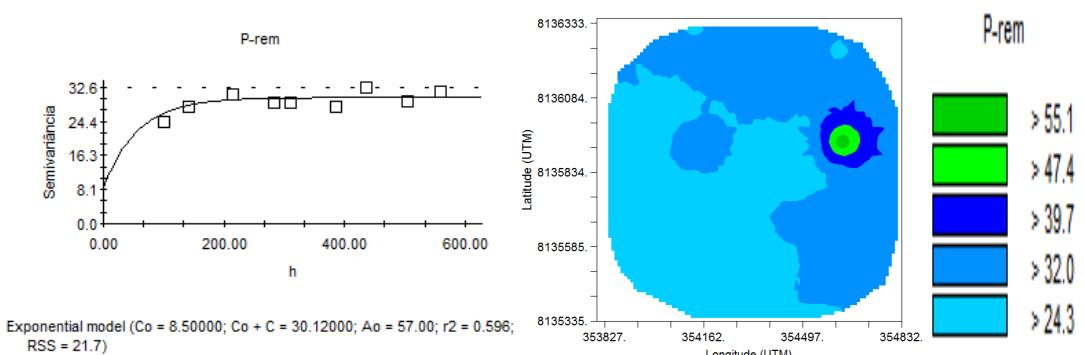


FIGURA 53. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para fósforo remanescente (P-rem) na área de pivô 01.

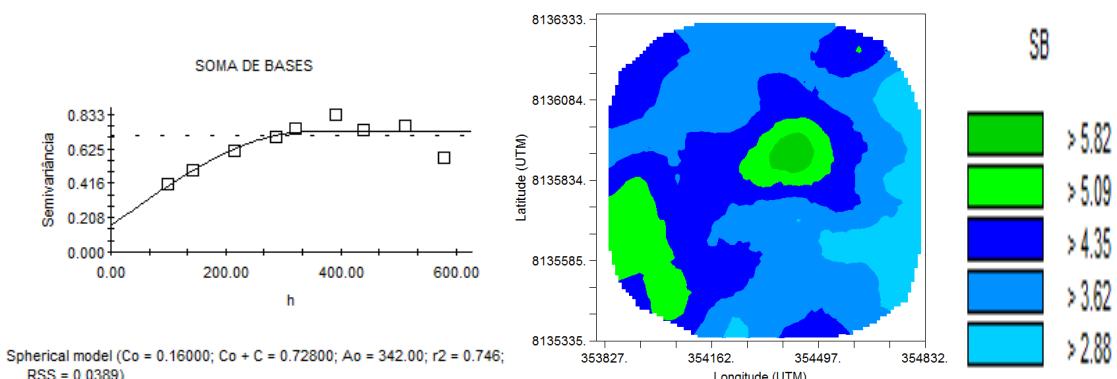


FIGURA 54. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para soma de bases (SB) na área de pivô 01.

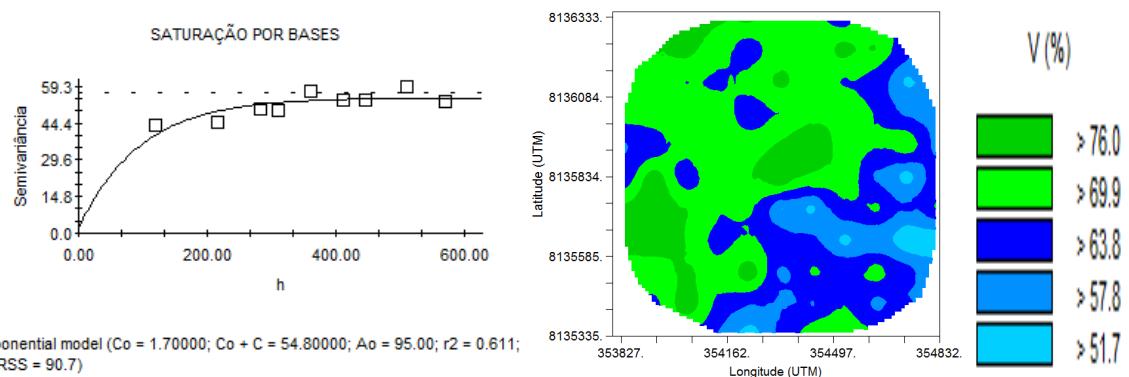


FIGURA 55. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por bases (V (%)) na área de pivô 01.

A saturação por bases na maior parte da área de pivô 01 foi superior a 69,9 %, ou seja, valores bons, sendo que, de acordo com as médias observadas (Tabela 22) os valores de CTC (T), CTC (t), Mg^{2+} , Ca^{2+} , H + Al e SB foram adequados (CFSEMG, 1999). Constatou-se que os pontos onde se observou maiores valores de CTC (T) e CTC (t), como esperado, também se observaram maiores valores de SB, Mg^{2+} , Ca^{2+} e K^+ mostrando a maior adsorção e menor lixiviação de nutrientes nesses locais.

Quanto à acidez potencial (H + Al), os maiores valores (acima que 2,12) foram observados em área considerável (Figura 48), sendo necessária a aplicação de calcário, inclusive para neutralizar o alumínio tóxico que aparece em maior quantidade nesses pontos.

Com relação ao fósforo (Figura 60), toda a área apresenta valores superiores $13,7 \text{ mg dm}^{-3}$ que, considerando o teor de argila, são resultados bons sendo que a maior parte da área possui mais de $26,5 \text{ mg dm}^{-3}$, ou seja, valores muito bons para fósforo.

Destaca-se o fato da necessidade de avaliar r^2 e RSS (soma de quadrados de resíduos) dos semivariogramas gerados para avaliação da qualidade dos ajustes feitos. Na Tabela 23 esses parâmetros indicam semivariogramas com piores ajustes para Al^{3+} , m (%), H + Al, K^+ e CTC (T). Observa-se ainda que os modelos que melhor se ajustaram aos atributos químicos em estudo na área de pivô 01 foram o esférico e o exponencial (TABELA 23).

TABELA 23. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 01, quando houve dependência espacial

Atributo avaliado	C ₀	C _{0+C}	C ₀ /C _{0+C}	Dependência espacial	r ²	RSS	Modelo
pH em água	0,080	0,208	0,38	Moderada	0,641	1,672 10 ⁻³	Exponencial
P-rem	8,500	30,120	0,28	Moderada	0,596	21,7	Exponencial
Al³⁺	0,001	0,008	0,12	Forte	0,399	3,469 10 ⁻⁶	Exponencial
Ca²⁺	0,115	0,324	0,35	Moderada	0,7370	8,126 10 ⁻³	Esférico
CTC (T)	0,157	0,511	0,31	Moderada	0,3860	0,179	Esférico
CTC (t)	0,117	0,639	0,18	Forte	0,7060	0,039	Esférico
H + AL	0,005	0,141	0,04	Forte	0,3460	2,008 10 ⁻³	Exponencial
K⁺	341,000	1654,000	0,21	Forte	0,3740	332353	Exponencial
m (%)	3,040	7,215	0,42	Moderada	0,3840	2,410	Exponencial
Mg²⁺	0,003	0,082	0,03	Forte	0,6980	3,789 10 ⁻⁴	Esférico
P	160,000	385,500	0,42	Moderada	0,7970	2264,000	Exponencial
SB	0,160	0,728	0,22	Forte	0,7460	0,039	Esférico
V (%)	1,700	54,800	0,03	Forte	0,6110	90,700	Exponencial

Em que: Al³⁺: Alumínio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K⁺: Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio; Mg²⁺: Magnésio trocável; P: fósforo; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

Com relação aos teores de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica no solo, na área de pivô 01, os resultados encontrados são apresentados na Tabela 24.

TABELA 24. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 9 pontos distribuídos na área de pivô 01

Amostra	Matéria Orgânica dag Kg ⁻¹	B	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	S
				mg dm ⁻³			
1	0,91	0,39	0,70	61,80	12,40	3,10	9,43
12	1,02	0,28	0,90	97,40	25,40	3,30	5,09
23	0,97	0,41	1,00	55,50	21,70	4,40	4,15
34	0,91	0,32	0,90	69,50	26,80	4,00	7,73
45	1,07	0,30	1,00	67,40	19,40	3,40	10,94
56	0,80	0,23	1,00	79,60	21,90	3,10	9,81
67	1,64	0,35	1,10	62,20	33,70	3,70	16,03
78	0,97	0,40	0,70	32,10	19,90	3,80	9,81
89	1,13	0,41	1,10	55,50	42,30	4,20	5,09
Média	1,05	0,34	0,93	64,56	24,83	3,67	8,68
CV (%)	23,02	18,88	16,07	27,75	35,30	12,94	42,63

Em que: CV(%): Coeficiente de variação; B: Boro; Cu²⁺: Cobre; Fe²⁺: Ferro; Mn²⁺: Manganês; Zn²⁺: Zinco e S: Enxofre.

De acordo com a tabela, constatou-se no solo, na área de pivô 01, que os níveis de boro encontrados foram médios e levemente abaixo dos níveis adequados para agricultura, que os de ferro e manganês foram muito altos, que os de cobre estão dentro dos níveis adequados e que os de zinco estão altos (GALRÃO, 1999). Quanto aos níveis de enxofre no solo, constatou-se que os valores, considerando valores médios de P-rem na área, foram baixos na profundidade de 0 - 20 cm. Quanto à matéria orgânica, como esperado, por se tratar de cerrado, os teores encontrados foram baixos.

4.4.2 Atributos químicos do solo da área de pivô 02

A estatística descritiva de cada atributo químico do solo foi avaliada e os resultados encontram-se na Tabela 25.

TABELA 25. Valores de mínimo (Min.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 02

Variável	Mín.	Média	Máx.	Desvio Padrão	Variância	Assim.	Curtose	CV (%)
pH em água	5,15	6,19	7,72	0,41	0,17	0,42	1,33	6,69
P-rem*	18,66	29,24	42,34	4,65	21,67	0,48	-0,23	15,92
P**	9,36	33,19	87,68	15,21	231,43	1,02	0,88	45,83
K ⁺ ***	34,00	111,94	256,00	46,18	2132,47	0,73	0,34	41,25
Ca ^{2+****}	2,25	3,54	6,03	0,69	0,47	0,67	0,89	19,38
Mg ^{2+****}	0,25	1,22	2,51	0,34	0,12	0,16	1,24	28,33
Al ^{3+ ***}	0,01	0,07	0,50	0,07	0,00	4,06	18,86	104,70
H + Al***	1,26	2,07	4,52	0,52	0,27	1,71	4,45	24,99
SB***	3,10	5,04	8,49	0,98	0,96	0,41	0,41	19,46
CTC (t) ***	3,25	5,11	8,51	0,96	0,91	0,45	0,49	18,71
CTC (T)***	4,78	7,12	10,01	0,98	0,97	-0,03	-0,03	13,83
V (%)	47,01	70,59	84,81	6,88	47,29	-0,80	1,10	9,74
m (%)	0,16	1,43	13,87	1,76	3,09	4,49	24,85	123,21

*valores em mg L⁻¹; **valores em mg dm⁻³; ***valores em Cmolc dm⁻³. Em que: Al³⁺: Alumínio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K⁺: Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio; Mg²⁺: Magnésio trocável; P: fósforo; P-rem: Fósforo remanescente; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

De acordo com a Tabela 25, observa-se, pelo valor da média, que o pH do solo em parte da área de pivô 02, assim como a área de pivô 01, está acima do que é recomendável para a agricultura, que varia de 6,0 a 6,5. Isso pode ser evidenciado pelo valor de máximo

(7,72) dos valores de pH encontrados. Como mostra a Figura 59, não houve dependência espacial para o atributo em questão nessa área (efeito pepita puro). A partir dos resultados, constatou-se ainda que a curva gerada a partir dos dados é assimétrica positiva moderada e que a mesma é platicúrtica.

Os valores em módulo de CTC (T) indicam assimetria fraca e os valores em módulo de P, Al^{3+} , H + Al e m(%) apresentaram valores superiores ou iguais a 1, indicando assimetria forte. Já os valores em módulo dos demais atributos químicos do solo em estudo foram inferiores a 1 e superiores a 0,15, indicando assimetria moderada. Quanto à curtose, constatou-se que as curvas obtidas a partir dos dados de P-rem, e CTC (T) foram leptocúrticas enquanto para os demais atributos químicos em estudo as curvas obtidas foram platicúrticas.

Quanto ao coeficiente de variação constatou-se que o mesmo foi baixo para pH em água e V (%), médios para P-rem, Ca^{2+} , SB, CTC (T) e CTC (t), alto para Mg^{2+} e H + Al e muito alto para P, K^+ , Al^{3+} , e m (%).

Quanto aos valores encontrados, observou-se que o alumínio trocável (Al^{3+}) apresentou valores baixos praticamente em toda a área, o que é adequado para a agricultura sendo que na maior parte da área o alumínio trocável apresentou valores próximos a 0,2 Cmolc dm^{-3} ou inferiores. Para saturação por alumínio o mesmo efeito foi observado, sendo a mesma muito baixa em toda a área. No ajuste de semivariogramas para Al^{3+} e m (%) houve efeito pepita puro, indicando independência espacial.

Nas Figuras 56, 57 e 58 são apresentados os semivariogramas ajustados e mapas de distribuição espacial para cálcio (Ca^{2+}), potássio (K^+) e magnésio(Mg^{2+}) respectivamente.

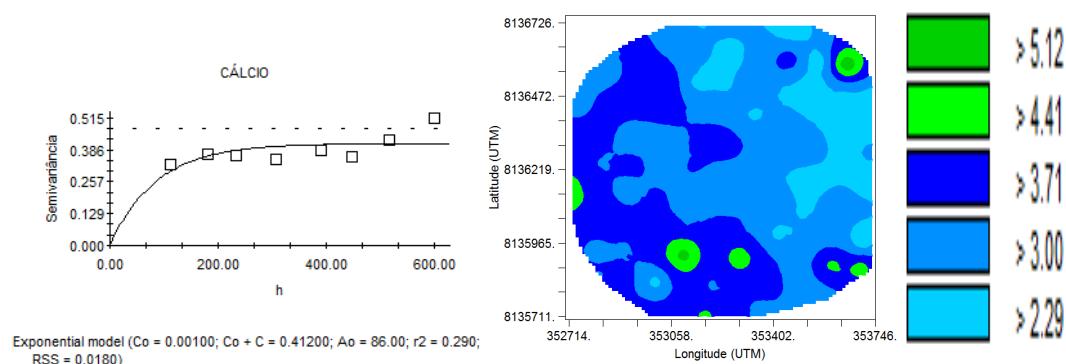


FIGURA 56. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 02.

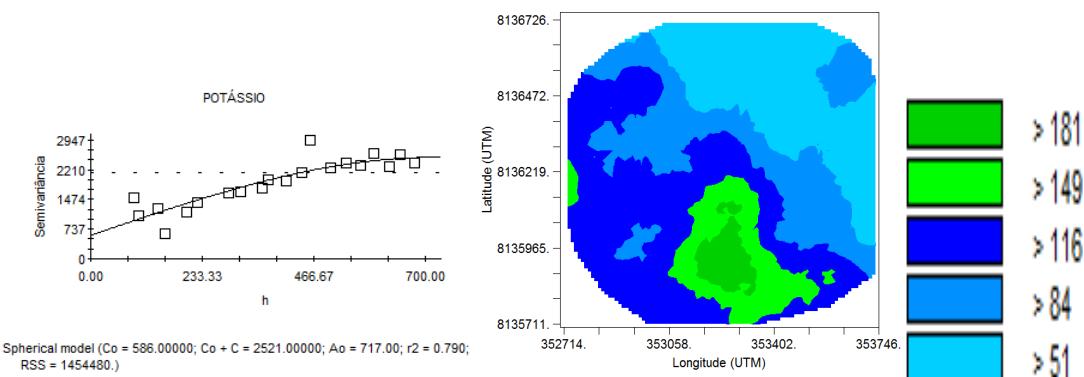


FIGURA 57. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para potássio (K^+) na área de pivô 02.

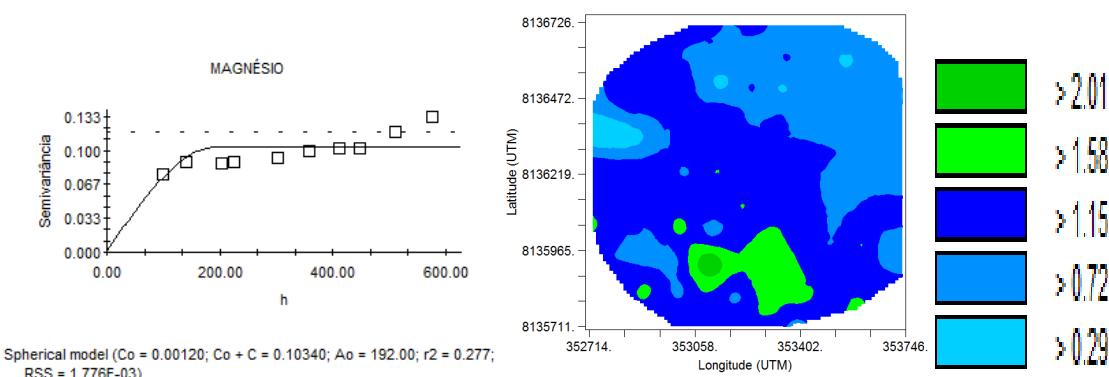


FIGURA 58. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 02.

De acordo com a Tabela 25, os valores médios de CTC (T), CTC (t), Mg^{2+} , Ca^{2+} , H + Al, P, P-rem, K^+ , SB e V (%) foram adequados (CFSEMG, 1999). Constatava-se a partir dos mapas gerados que em grande parte da área onde se observa maiores valores de Ca^{2+} também se observa valores maiores de Mg^{2+} e de K^+ mostrando a maior adsorção e menor lixiviação desses nutrientes nessas áreas.

Como pode ser visualizado a partir da Tabela 26, o modelo que se ajustou para Ca^{2+} foi o exponencial e para K^+ e Mg^{2+} foi o esférico.

TABELA 26. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 02, quando houve dependência espacial

Atributo	C_0	C_0+C	$C_0/C_0 + C$	Dependência espacial	r^2	RSS	Modelo
Ca^{2+}	0,001	0,412	0,002	Forte	0,2900	0,018	Exponencial
K^+	586,000	2521,000	0,23	Forte	0,7900	145448	Esférico
Mg^{2+}	0,001	0,103	0,01	Forte	0,2770	$1,776 \cdot 10^{-3}$	Esférico

Em que: Al^{3+} : alumínio trocável; Ca^{2+} : cálcio trocável; K^+ : potássio trocável e Mg^{2+} : magnésio trocável.

Nas figuras 59 e 60 são apresentados os semivariogramas obtidos para CTC (T), CTC (t) e para P-rem, Al^{3+} , $\text{H} + \text{Al}$, m (%), fósforo, pH em água, soma de bases e saturação por bases na área de pivô 02.

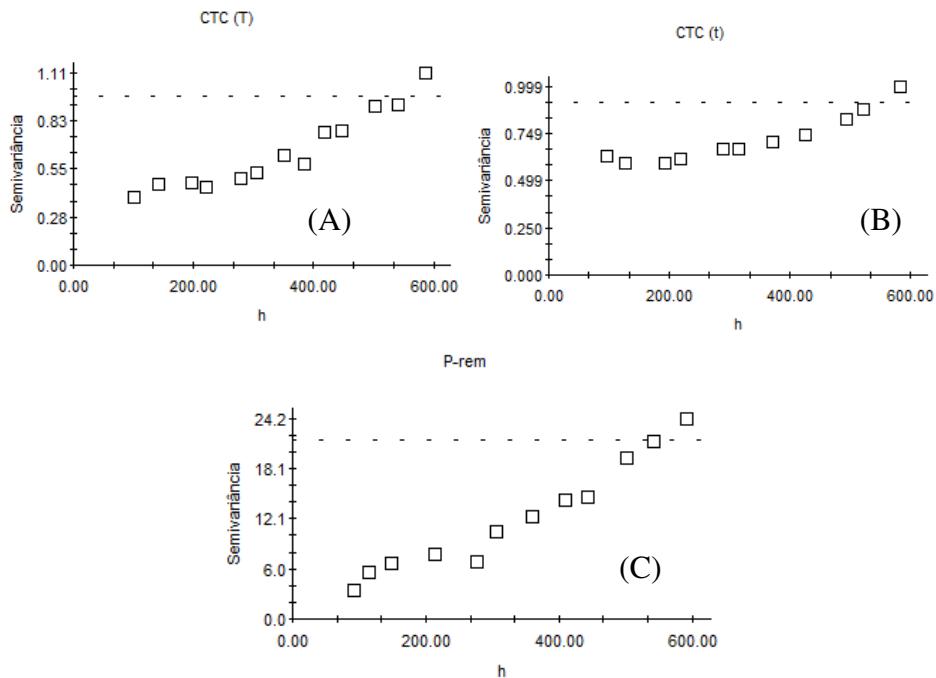
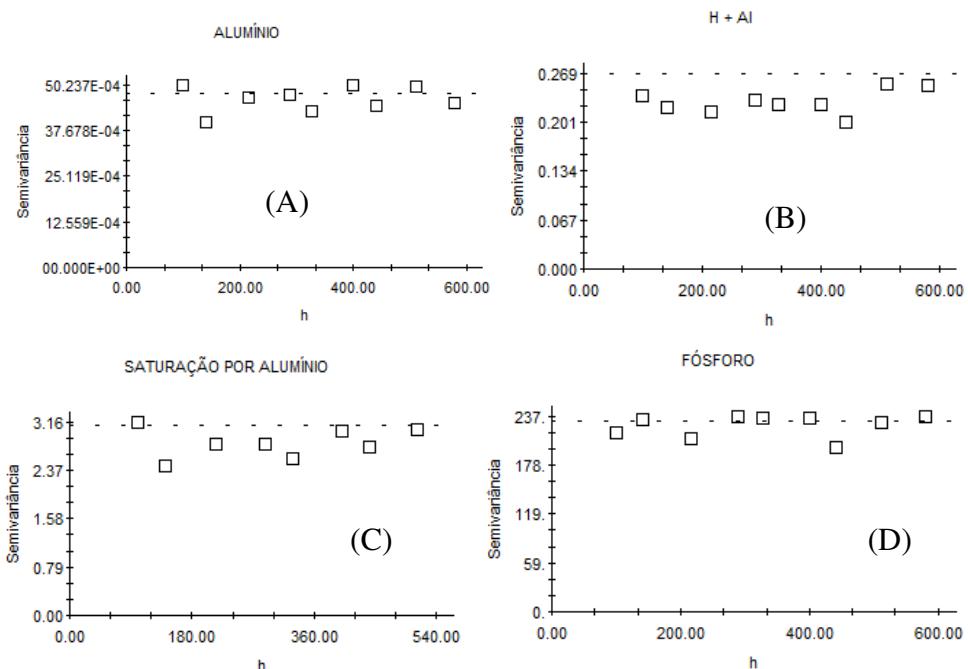


FIGURA 59. Semivariogramas ajustados mostrando tendência nos dados para: (A): CTC (T); (B): CTC (t) e (C): P-rem na área de pivô 02.



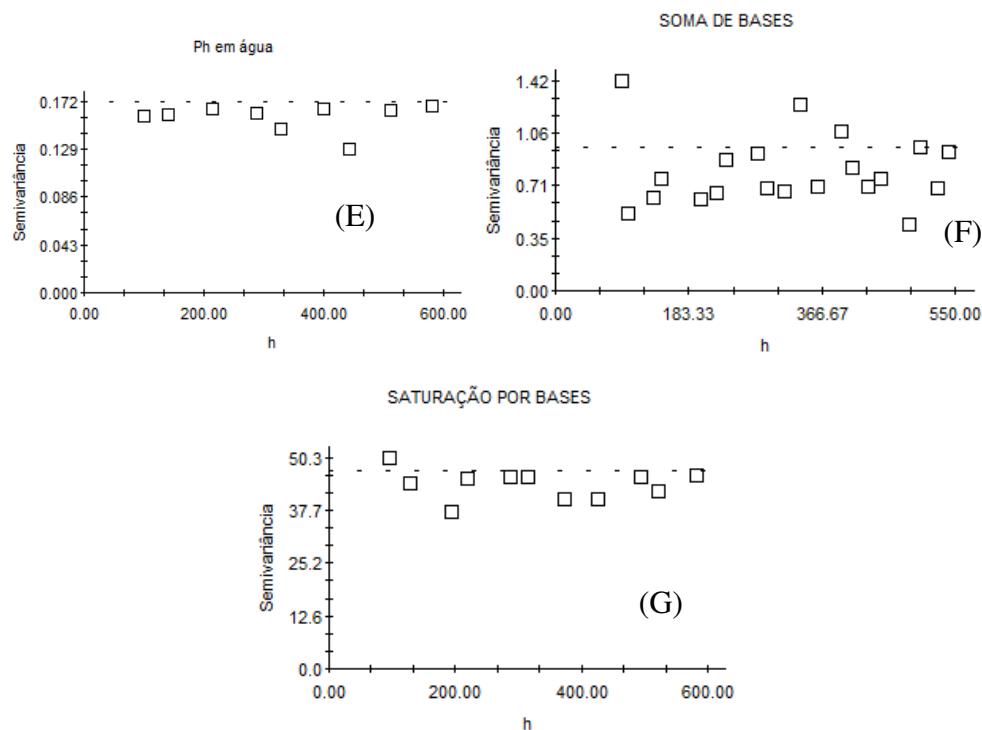


FIGURA 60. Semivariogramas mostrando independência espacial para: (A): alumínio (Al^{3+}); (B): H + Al; (C): saturação por alumínio (m (%)); (D): fósforo; (E): pH em água; (F): soma de bases e (G): saturação por bases, na área de pivô 02.

De acordo com a Figura 60, observa-se que os semivariogramas ajustados para a área de pivô 02 para H + Al, Al^{3+} , pH em água, P, SB, m (%) e V (%) apresentaram efeito pepita puro enquanto que CTC (T), CTC (t) e P-rem apresentaram dados com tendência (Figura 59).

Com relação a teores de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica no solo, na área de pivô 02, os resultados encontrados são apresentados na Tabela 27.

TABELA 27. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 10 pontos distribuídos na área de pivô 02

Amostra	Matéria Orgânica dag Kg ⁻¹	B	Cu ³⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	S
				mg dm ⁻³			
1	1,69	0,28	1,10	62,30	29,00	4,60	11,51
12	1,93	0,18	1,00	51,90	16,40	3,40	14,52
23	1,64	0,35	1,00	65,90	31,00	5,40	6,79
34	1,69	0,26	1,00	43,60	29,40	5,50	75,48
45	1,29	0,29	0,90	44,70	18,10	5,30	9,43
56	2,05	0,20	1,00	48,30	31,10	5,50	6,98
67	1,29	0,29	1,10	76,50	26,90	3,60	7,17
78	2,23	0,30	1,30	72,20	34,60	4,30	9,43
89	3,00	0,32	0,60	45,20	36,30	2,70	128,31
100	1,41	0,38	1,20	63,00	15,30	3,10	11,32
Média	1,82	0,29	1,02	57,36	26,81	4,34	28,09
CV (%)	28,47	21,45	18,37	21,15	28,21	24,84	145,62

Em que: CV(%): Coeficiente de variação; B⁺: Boro; Cu²⁺: Cobre; Fe²⁺: Ferro; Mn²⁺: Manganês; Zn²⁺: Zinco e S: Enxofre.

De acordo com a tabela 27, constatou-se no solo, na área de pivô 02, que os níveis de boro encontrados foram médios e abaixo dos níveis adequados para a cultura da soja, que os de ferro e manganês foram elevados, que os de cobre estão dentro dos níveis adequados e que os de zinco estão altos (GALRÃO, 1999). Quanto aos níveis de enxofre no solo, observou-se, considerando valores médios de P-rem na área, valores muito bons na maioria dos pontos amostrados com teores altos em 2 dos pontos amostrados na profundidade de 0 - 20 cm, o que contribuiu para obtenção de coeficiente de variação alto (145,62 %). Quanto à matéria orgânica, os teores encontrados foram baixos.

4.4.3 Atributos químicos do solo da área de pivô 03

A estatística descritiva de cada atributo químico do solo foi avaliada e os resultados encontram-se na Tabela 28.

TABELA 28. Valores de mínimo (Min.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 03

Variável	Min.	Média	Máx.	Desvio Padrão	Variância	Assim.	Curtose	CV (%)
pH em Água	5,07	6,23	7,26	0,40	0,16	0,13	0,48	6,37
P-rem*	15,35	21,69	29,72	3,07	9,45	0,39	-0,40	14,17
P**	6,82	21,81	71,76	13,51	182,49	1,82	3,54	61,94
K ⁺ ***	39,00	123,39	480,00	67,36	4537,51	2,74	10,02	54,59
Ca ²⁺ ***	2,03	3,31	4,60	0,50	0,25	0,10	0,08	14,97
Mg ²⁺ ***	0,53	1,29	2,47	0,35	0,12	0,47	0,53	27,12
Al ^{3+***}	0,01	0,06	0,62	0,07	0,00	6,23	46,08	117,24
H + Al***	1,13	2,18	4,00	0,52	0,27	0,73	0,81	23,83
SB***	2,71	4,92	7,80	0,86	0,74	0,39	1,01	17,51
CTC (t) ***	3,17	4,98	7,82	0,83	0,69	0,55	0,93	16,70
CTC (T)***	5,50	7,10	8,93	0,78	0,61	0,33	-0,51	11,01
V (%)	40,41	69,09	87,38	7,39	54,56	-0,61	1,74	10,69
m (%)	0,15	1,30	18,61	2,03	4,13	6,59	50,13	155,88

*valores em mg L⁻¹; **valores em mg dm⁻³; ***valores em Cmolc dm⁻³. Em que: Al³⁺: Alumínio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K⁺: Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio; Mg²⁺: Magnésio trocável; P: fósforo; P-rem: Fósforo remanescente; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

Na área de pivô 03, valores de pH em água acima do que é recomendado, também foram encontrados. Isso pode ser visualizado a partir do valor máximo (7,26). A partir dos resultados, constata-se ainda que a curva gerada a partir dos dados é assimétrica positiva baixa e que a mesma é platicúrtica.

Os valores em módulo de assimetria indicam assimetria moderada para P-rem, Ca²⁺, Mg²⁺, H + Al³⁺, SB, CTC (T), CTC (t), e V (%) enquanto os valores de assimetria para P, K, Al³⁺, e m (%) indicam assimetria forte. Quanto aos resultados de curtose gerados pelos dados, observa-se que, P-rem, Ca e CTC (T) apresentaram curvas leptocúrticas enquanto os demais atributos avaliados apresentam curvas platicúrticas.

Quanto ao coeficiente de variação constatou-se que o mesmo foi médio para P-rem, Ca²⁺, SB, CTC (T), CTC (t) e V (%), alto para Mg²⁺ e H + Al e muito alto para P, K⁺, Al³⁺, e m (%).

Quanto aos valores encontrados em estudo, observou-se, pelo mapa, que o alumínio trocável (Al³⁺) apresentou valores baixos praticamente em toda a área, o que é adequado para a agricultura sendo que, na maior parte da área, o alumínio trocável apresentou valores próximos a 0,2 Cmolc dm⁻³ ou inferiores. Para saturação por alumínio o mesmo

efeito foi observado, sendo a mesma muito baixa em toda a área. No entanto, observou-se efeito pepita puro no ajuste de semivariograma para m (%) o que se deve, principalmente, aos valores próximos para o atributo em questão e os baixos valores observados.

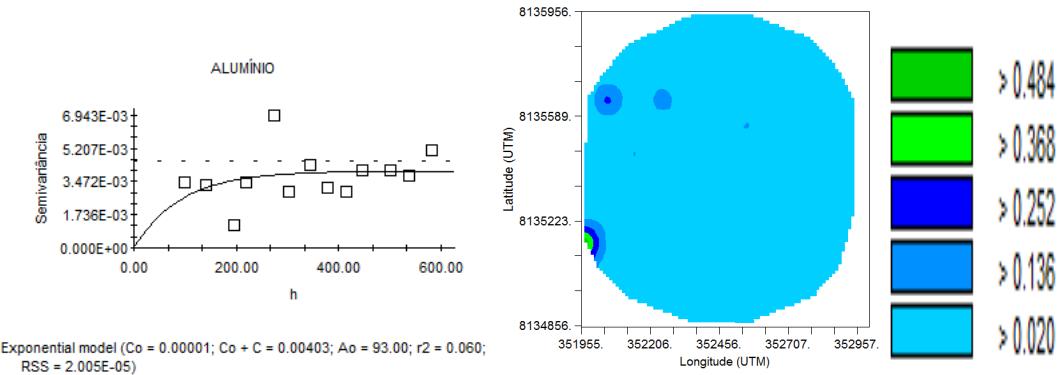


FIGURA 61. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para alumínio (Al^{3+}) na área de pivô 03.

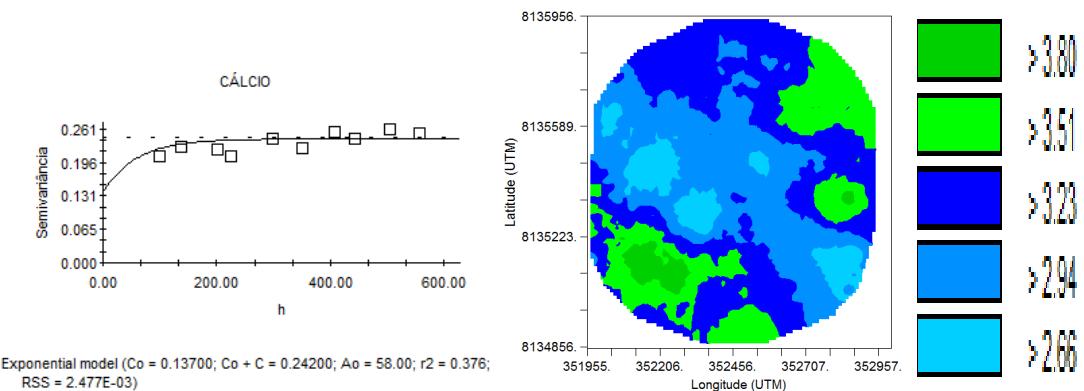


FIGURA 62. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 03.

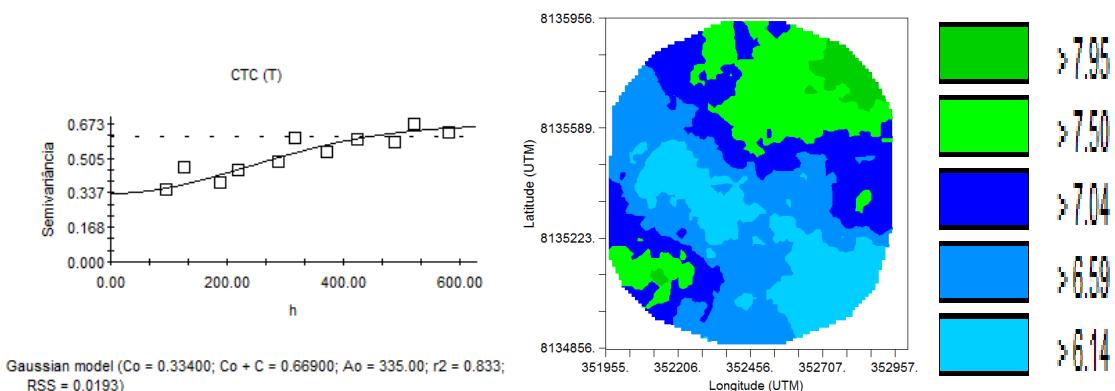


FIGURA 63. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (T) na área de pivô 03.

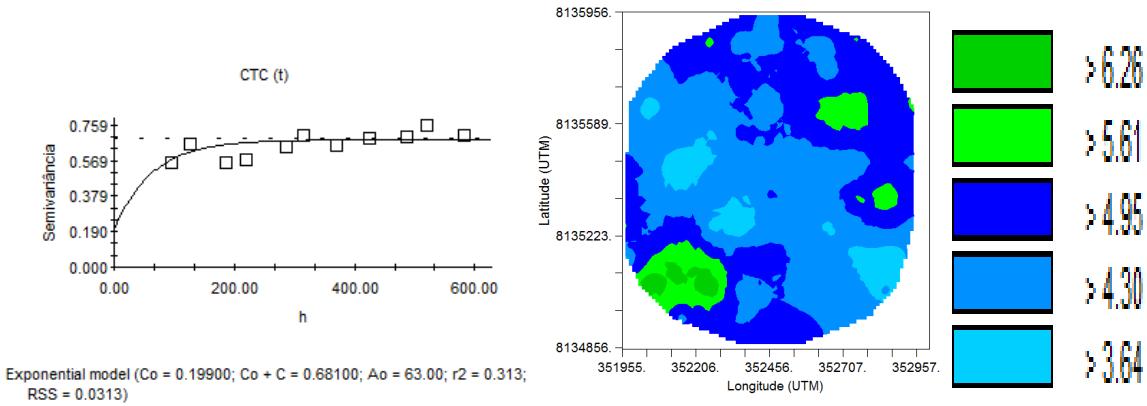


FIGURA 64. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (t) na área de pivô 03.

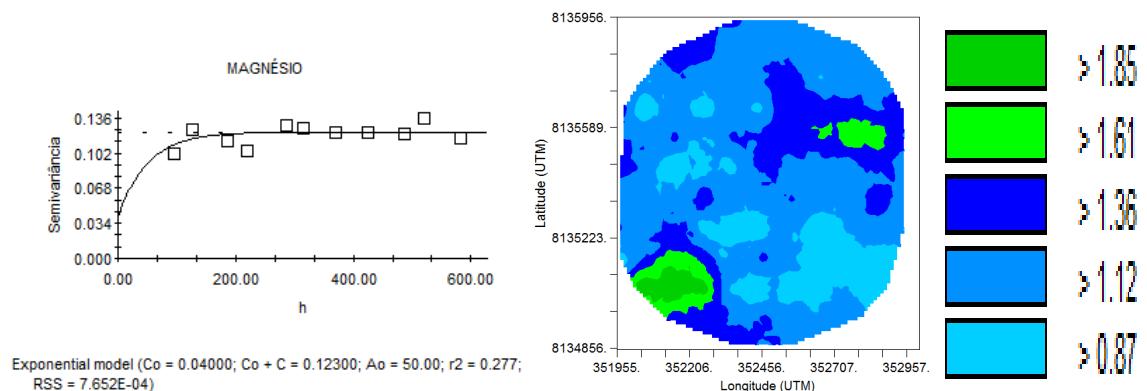


FIGURA 65. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 03.

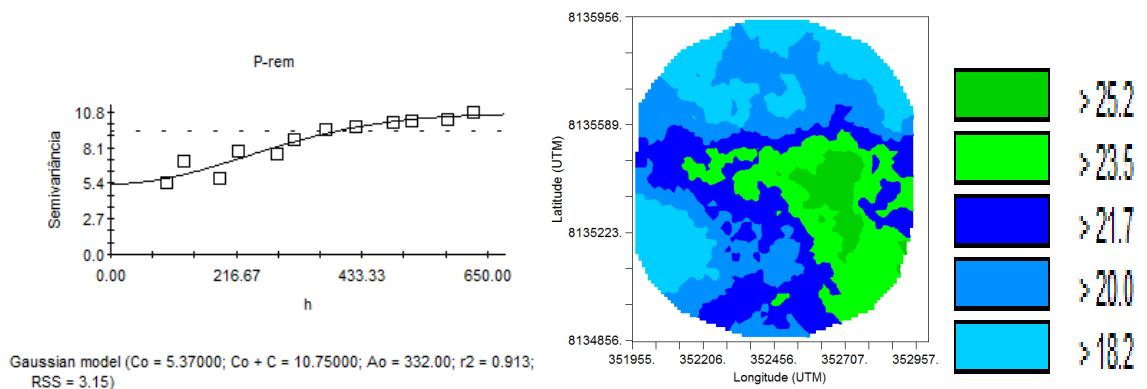


FIGURA 66. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para P-rem na área de pivô 03.

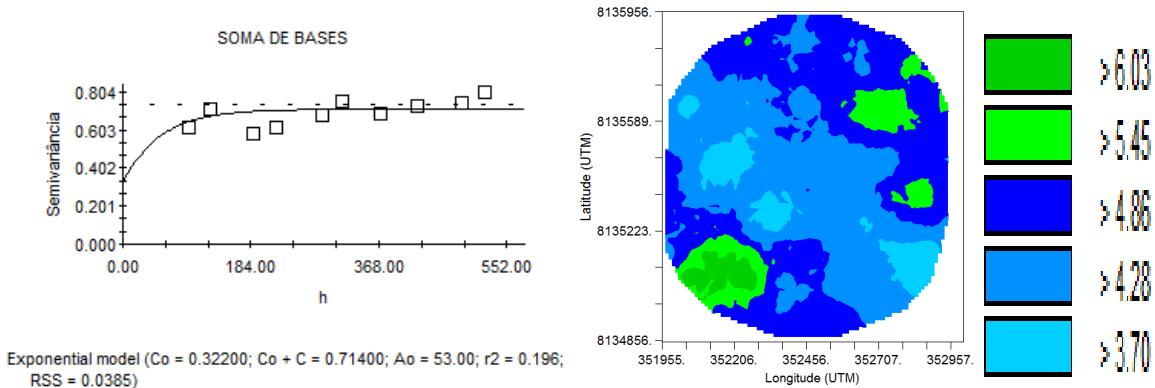


FIGURA 67. Semivariograma ajustado encontrados e mapa de distribuição espacial por krigagem para soma de bases na área de pivô 03.

De acordo com a tabela 28, os valores médios de CTC (T), CTC (t), Mg^{2+} , Ca^{2+} , H + Al, P, P-rem, K^+ , SB e V (%) foram adequados (CFSEMG, 1999). Constata-se a partir dos mapas gerados, como esperado, que nos locais com CTC (t) e CTC (T) maiores, também se encontrou os maiores valores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e SB mostrando a maior adsorção e menor lixiviação desses nutrientes nessas áreas. Quanto aos teores de P-rem, os maiores valores foram observados nas áreas de menor CTC.

Como pode ser visualizado na Tabela 29, o modelo que se ajustou para CTC (T) e P-rem foi o gaussiano e para Al^{3+} , Ca^{2+} , CTC (t), Mg^{2+} e SB foi o exponencial.

TABELA 29. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 03, quando houve dependência espacial

Atributo	C_0	C_0+C	$C_0/C_0 + C$	Dependência espacial	r^2	RSS	Modelo
Al^{3+}	$1 \cdot 10^{-5}$	0,00403	0,002	Forte	0,06	$2,005 \cdot 10^{-5}$	Exponencial
Ca^{2+}	0,137	0,242	0,57	Moderada	0,3760	$2,477 \cdot 10^{-3}$	Exponencial
CTC (T)	0,334	0,669	0,50	Moderada	0,8330	0,0193	Gaussiano
CTC (t)	0,199	0,681	0,29	Moderada	0,3130	0,0313	Exponencial
Mg^{2+}	0,040	0,123	0,33	Moderada	0,2770	$7,652 \cdot 10^{-4}$	Exponencial
P-rem	5,370	10,750	0,50	Moderada	0,9130	3,150	Gaussiano
SB	0,322	0,714	0,45	Moderada	0,1960	0,039	Exponencial

Em que: Al^{3+} : Alumínio trocável; Ca^{2+} : Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; Mg^{2+} : Magnésio trocável; P-rem: Fósforo remanescente e SB: Soma de Bases.

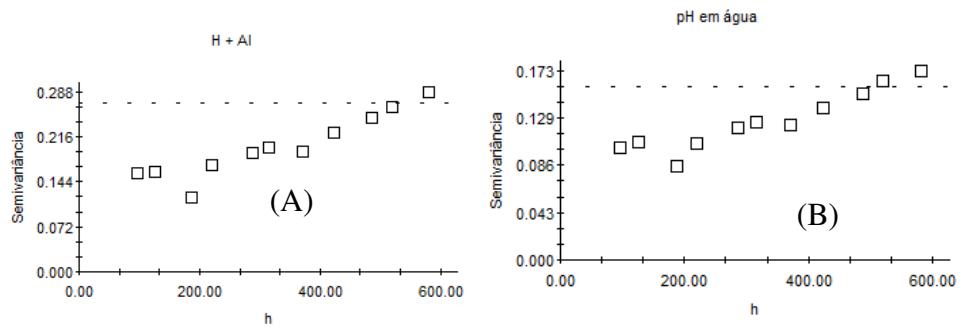


FIGURA 68. Semivariogramas mostrando tendência nos dados, na área de pivô 03, para: (A): acidez potencial ($H + Al$) e (B): pH em água.

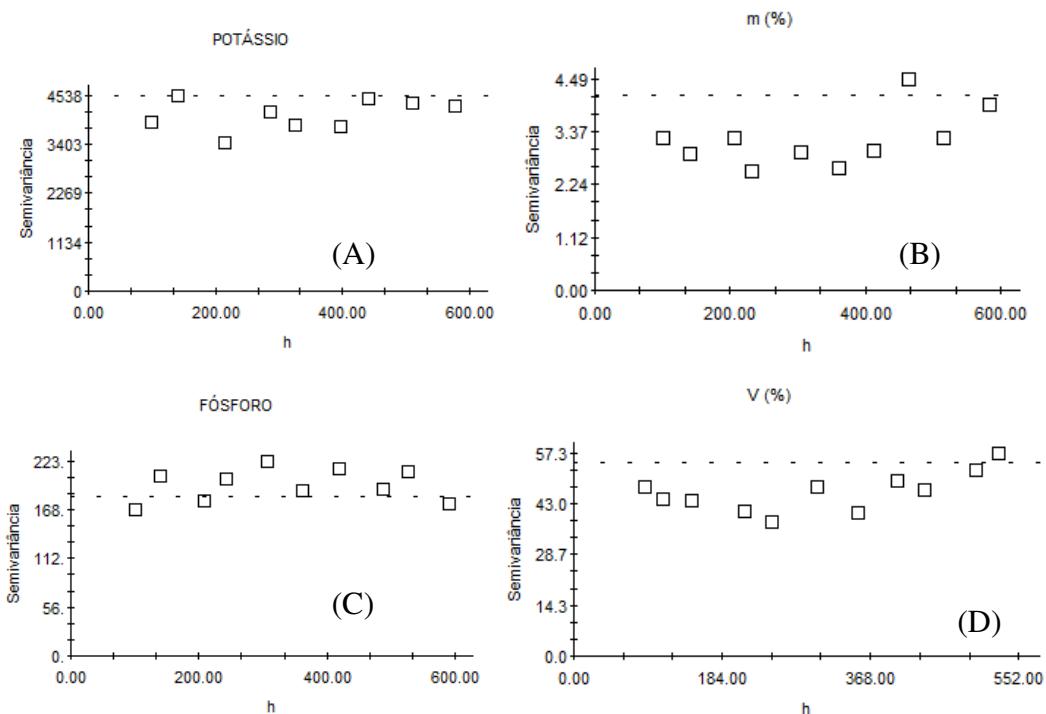


FIGURA 69. Semivariogramas mostrando independência espacial, na área de pivô 03, para: (A): potássio (K^+); (B): saturação por alumínio (m (%)); (C): fósforo (P); (D): saturação por bases (V (%)).

De acordo com as Figuras 68 e 69, constatou-se, no ajuste de semivariogramas para área de pivô 03, efeito pepita puro para K^+ , m (%), P e V (%) e tendência nos dados de $H + Al$ e pH em água.

Com relação a teores de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica no solo, na área de pivô 03, os resultados encontrados são apresentados na Tabela 30.

TABELA 30. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 10 pontos distribuídos na área de pivô 03

Amostra	Matéria Orgânica dag Kg ⁻¹	B	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	S
		—	—	mg dm ⁻³	—	—	—
1	2,74	0,27	1,10	44,80	26,90	4,80	6,60
12	2,11	0,32	1,40	48,70	31,80	5,40	9,81
23	1,81	0,38	1,20	44,70	24,50	2,30	24,71
34	1,93	0,30	1,10	47,00	29,10	4,80	9,05
45	1,41	0,37	1,00	39,20	23,70	3,30	20,37
56	1,81	0,44	1,20	42,80	23,10	4,20	11,70
67	1,46	0,36	1,00	42,00	26,80	3,20	25,50
78	1,18	0,24	1,00	34,50	29,90	3,50	8,86
89	1,29	0,57	1,00	32,70	29,20	3,90	16,98
99	1,41	0,37	1,20	38,70	34,60	6,50	7,35
Média	1,72	0,36	1,12	41,51	27,96	4,19	14,09
CV (%)	27,37	25,84	11,76	12,56	13,15	29,17	51,23

Em que: CV(%): Coeficiente de variação; B: Boro; Cu²⁺: Cobre; Fe²⁺: Ferro; Mn²⁺: Manganês; Zn²⁺: Zinco e S: Enxofre.

De acordo com a Tabela 30, com relação aos micronutrientes avaliados, constatou-se, no solo, na área de pivô 03, que os níveis de boro e de cobre encontrados foram adequados para a cultura da soja, que os de ferro e manganês foram elevados e que os de zinco altos (GALRÃO, 1999). Quanto aos níveis de enxofre no solo, observou-se que os valores, considerando valores médios de P-rem na área, foram bons na profundidade de 0 - 20 cm. Quanto à matéria orgânica, os teores encontrados foram baixos.

4.4.4 Atributos químicos do solo da área de pivô 04

A estatística descritiva de cada atributo químico do solo foi avaliada e os resultados encontram-se na Tabela 31.

TABELA 31. Valores de mínimo (Min.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 04

Variável	Mín.	Média	Máx.	Desvio Padrão	Variância	Assim.	Curtose	CV(%)
pH em Água	5,20	6,40	7,56	0,47	0,22	-0,11	-0,25	7,38
P-rem*	18,48	31,08	46,45	4,28	18,31	0,62	1,41	13,77
P**	7,02	25,84	75,07	13,40	179,63	1,16	1,32	51,86
K ⁺ ***	31,00	96,72	212,00	38,11	1452,07	0,76	-0,04	39,40
Ca ²⁺ ***	1,88	3,10	4,65	0,51	0,26	0,38	0,04	16,52
Mg ²⁺ ***	0,44	1,24	2,19	0,35	0,12	0,35	-0,10	28,19
Al ³⁺ ***	0,02	0,07	0,50	0,07	0,01	3,62	14,84	104,97
H + Al***	0,98	1,73	4,00	0,47	0,22	1,30	3,70	27,43
SB***	2,54	4,59	6,99	0,81	0,65	0,29	0,14	17,58
CTC (t) ***	3,04	4,66	7,02	0,77	0,59	0,45	0,10	16,55
CTC (T)***	4,68	6,31	9,65	0,74	0,55	0,99	2,74	11,72
V (%)	48,68	72,39	87,00	7,51	56,33	-0,55	0,07	10,37
m (%)	0,32	1,70	16,43	2,23	4,95	4,27	21,41	130,57

*valores em mg L⁻¹; **valores em mg dm⁻³; ***valores em Cmolc dm⁻³. Em que: Al³⁺: Alumínio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K⁺: Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio; Mg²⁺: Magnésio trocável; P: fósforo; P-rem: Fósforo remanescente; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

De acordo com a Tabela 31, observa-se, pelo valor de máximo (7,56), que o pH do solo em parte da área de pivô 04, está acima do que é recomendável para a agricultura, que varia de 6,0 e 6,5. Houve dependência espacial e o modelo que melhor se ajustou foi o gaussiano, embora a dependência espacial tenha sido moderada ($C_0/C_0 + C = 0,45$), com valor de r^2 de 0,848. De acordo com o mapa de distribuição espacial (Figura 78), parte considerável da área em questão encontra-se com valores de pH acima do recomendado (áreas em verde e azul escuro) sendo que nas demais áreas os valores de pH encontram-se adequados para a agricultura de acordo com a CFSEMG, 1999. A partir dos resultados, constata-se ainda que a curva gerada a partir dos dados é assimétrica negativa baixa e que a mesma é leptocúrtica.

Os valores em módulo de assimetria indicam assimetria moderada para P-rem, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H + Al, SB, CTC (T), CTC (t) e V (%) enquanto os valores de assimetria para P, Al³⁺, H + Al e m (%) indicam assimetria forte. Quanto aos resultados de curtose gerados pelos dados, observa-se que K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SB, CTC (t) e V (%) apresentam curvas leptocúrticas enquanto os demais atributos avaliados apresentam curvas platicúrticas.

Quanto ao coeficiente de variação constatou-se que o mesmo foi médio para P-rem, Ca^{2+} , SB, CTC (T), CTC (t) e V (%), alto para Mg^{2+} e H + Al e muito alto para P, K^+ , Al^{3+} e m (%).

Com relação Alumínio trocável (Al^{3+}) encontrou-se valores baixos praticamente em toda a área, sendo que, na maior parte da área, o alumínio trocável apresentou valores próximos a 0,2 Cmolc dm^{-3} ou inferiores. Para saturação por alumínio o mesmo efeito foi observado, sendo a mesma muito baixa em toda a área. Na área de pivô 04 houve efeito pepita puro no ajuste dos semivariogramas para Al^{3+} e m (%), indicando que houve independência espacial. Isso ocorreu provavelmente em função dos valores baixos e próximos encontrados. Os semivariogramas ajustados e os mapas por krigagem gerados para pH em água, Ca^{2+} , CTC (T), CTC (t), H + Al, K^+ , Mg^{2+} , SB e V (%) são apresentados nas Figuras 70 a 78.

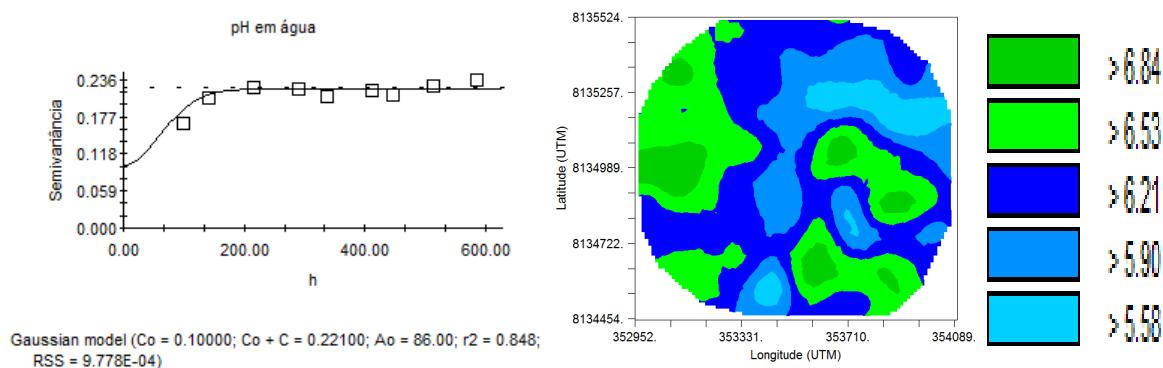


FIGURA 70. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 04.

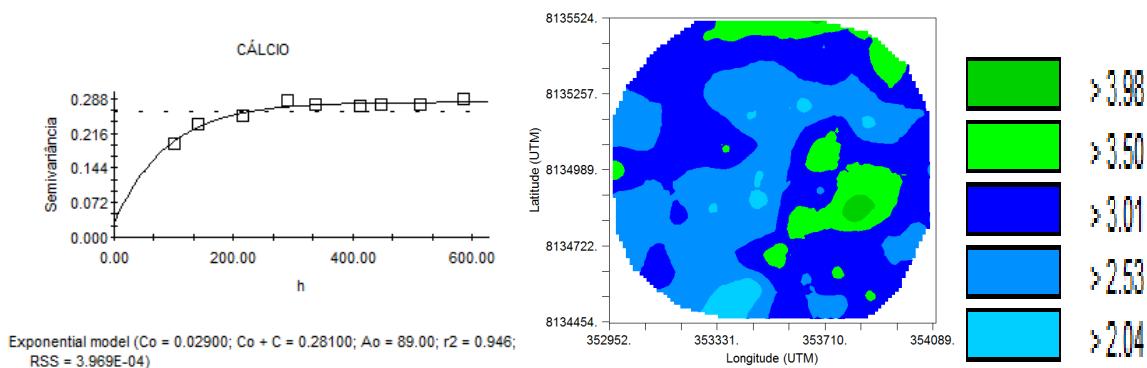


FIGURA 71. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 04.

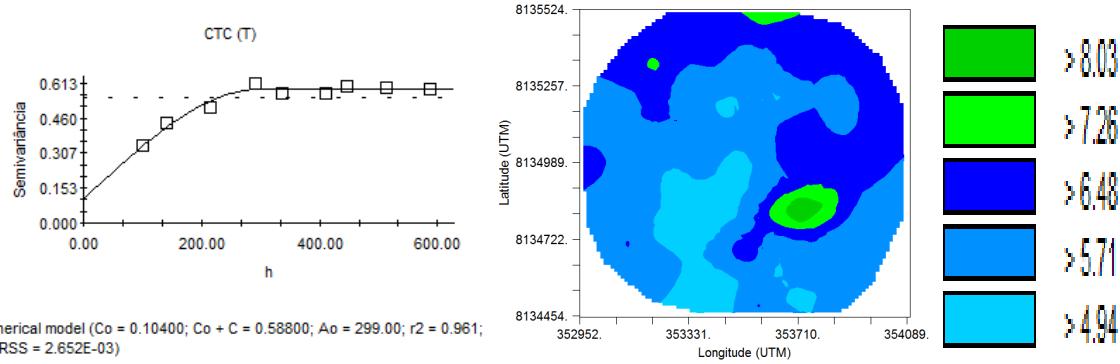


FIGURA 72. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (T) na área de pivô 04.

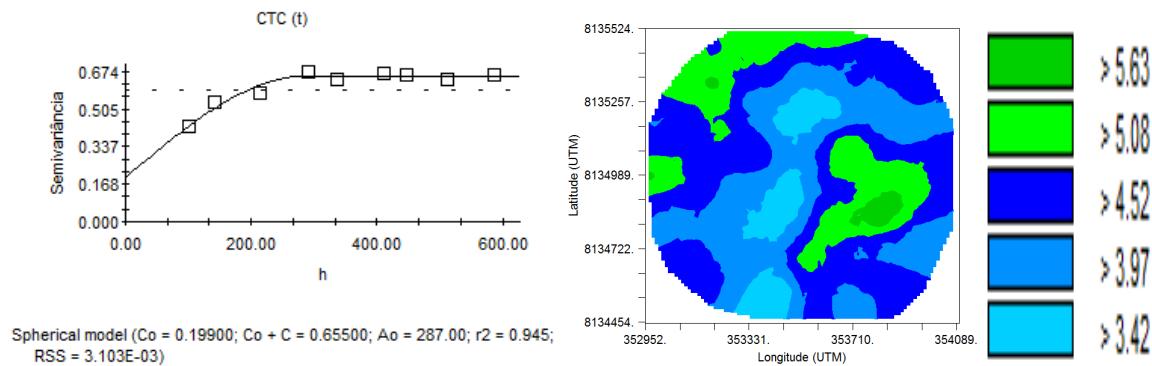


FIGURA 73. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (t) na área de pivô 04.

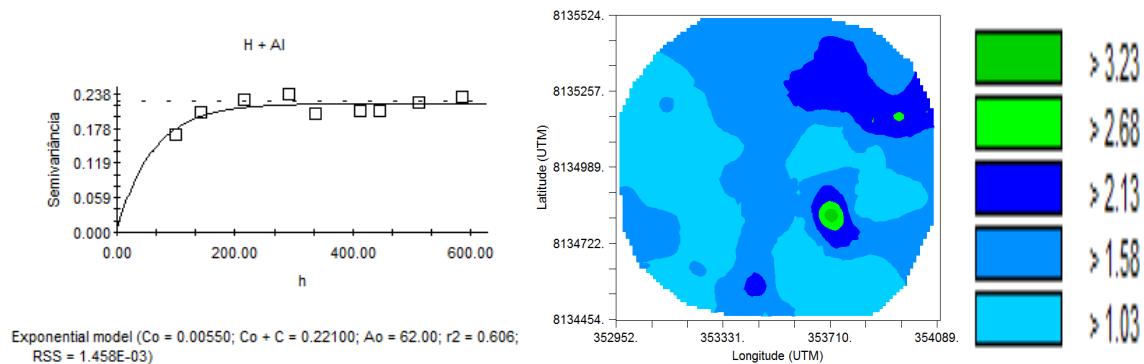


FIGURA 74. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para H + Al na área de pivô 04.

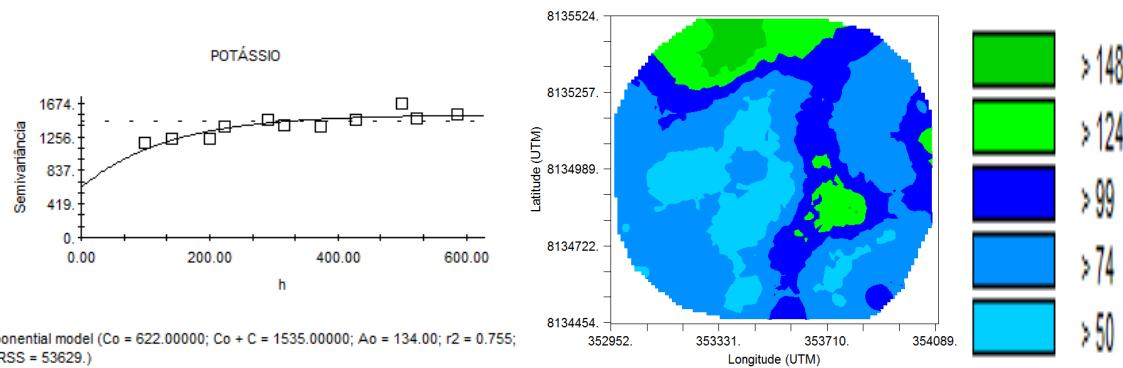


FIGURA 75. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para potássio (K^+) na área de pivô 04.

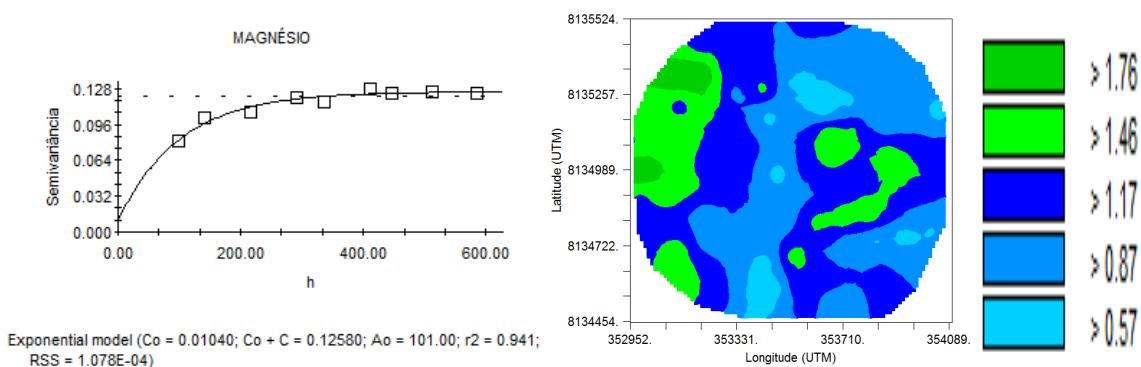


FIGURA 76. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 04.

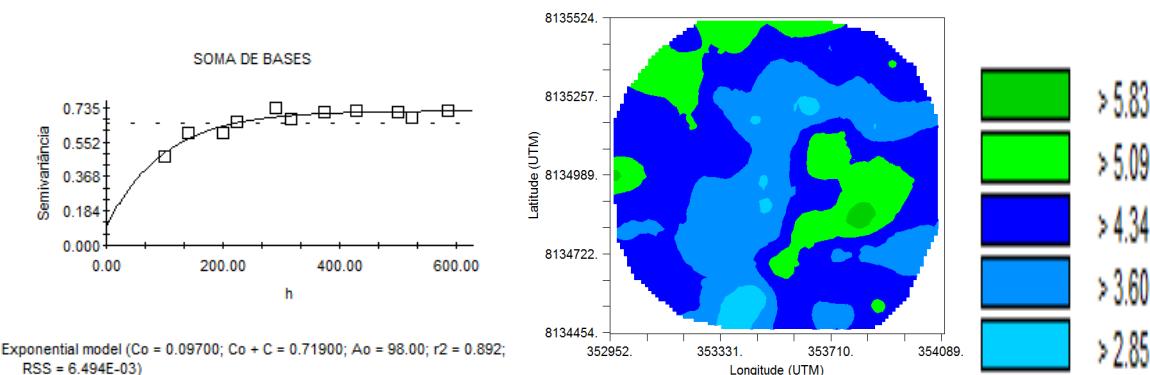


FIGURA 77. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para soma de bases (SB) na área de pivô 04.

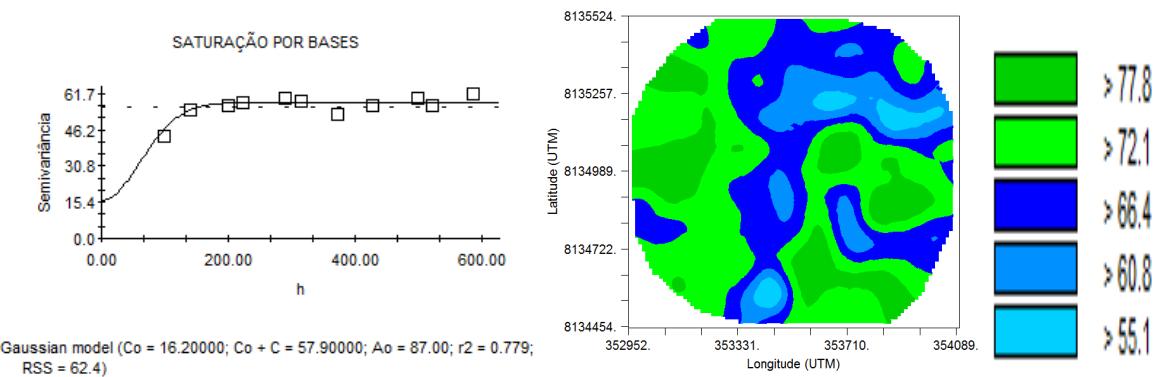


FIGURA 78. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por bases (V (%)) na área de pivô 04.

Analizando os valores médios de CTC (T), CTC (t), Mg^{2+} , Ca^{2+} , H + Al, P, P-rem, K^+ , SB e V (%), os valores encontrados foram adequados considerando recomendações da CFSEMG (1999) (Tabela 31). Constata-se a partir dos mapas gerados, como esperado, que nos locais com CTC (t) maiores, também se encontrou os maiores valores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e SB mostrando a maior adsorção e menor lixiviação de nutrientes nessas áreas. Quanto à saturação por bases, constata-se que a mesma foi maior que 72,1 % para aproximadamente metade da área.

Como pode ser visualizado na Tabela 32, o modelo que se ajustou para pH em água, e V (%) foi o gaussiano, para CTC (T) e CTC (t) foi o esférico e para Ca^{2+} , H + Al, K^+ , Mg^{2+} e SB foi o exponencial.

TABELA 32. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 04, quando houve dependência espacial

Atributo	C_0	C_0+C	$C_0/C_0 + C$	Dependência espacial	r^2	RSS	Modelo
pH em água	0,100	0,221	0,45	Moderada	0,8480	$9,778 \cdot 10^{-4}$	Gaussiano
Ca^{2+}	0,029	0,281	0,10	Forte	0,9460	$3,969 \cdot 10^{-4}$	Exponencial
CTC (T)	0,104	0,588	0,18	Forte	0,9610	$2,652 \cdot 10^{-3}$	Esférico
CTC (t)	0,199	0,655	0,30	Moderada	0,9450	$3,103 \cdot 10^{-3}$	Esférico
H + AL	0,006	0,221	0,02	Forte	0,6060	$1,458 \cdot 10^{-3}$	Exponencial
K^+	622,000	1535,000	0,41	Moderada	0,7550	53629,000	Exponencial
Mg^{2+}	0,010	0,126	0,08	Forte	0,9410	$1,078 \cdot 10^{-4}$	Exponencial
SB	0,097	0,719	0,13	Forte	0,8920	$6,494 \cdot 10^{-3}$	Exponencial
V (%)	16,200	57,900	0,28	Moderada	0,7790	62,400	Gaussiano

Em que: Ca^{++} : Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K^+ : Potássio trocável; Mg^{2+} : Magnésio trocável; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

Nas Figuras 79 e 80 são apresentados os semivariogramas ajustados para Al³⁺, m (%), P e P-rem.

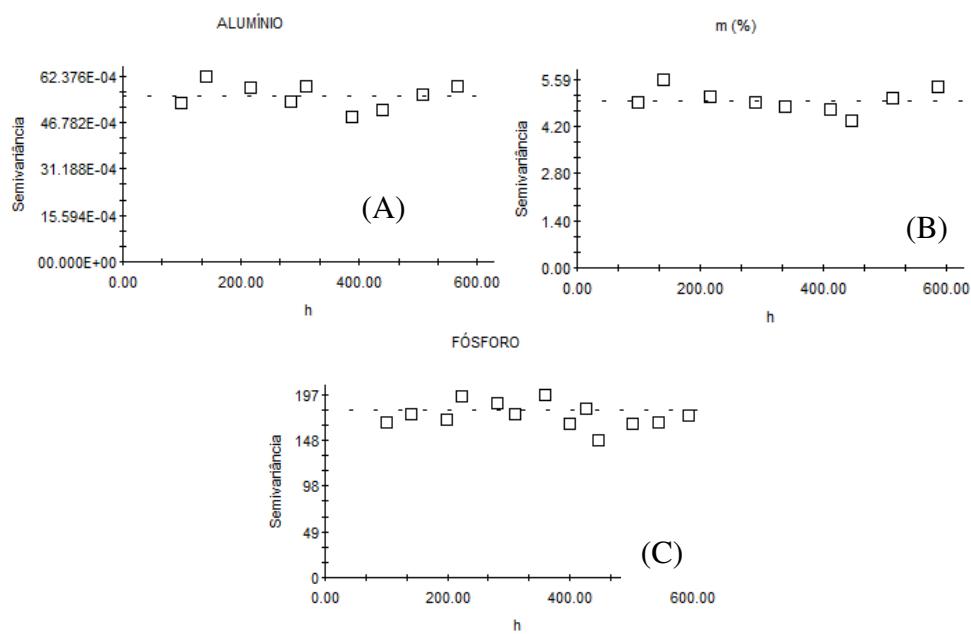


FIGURA 79. Semivariogramas mostrando independência espacial (efeito pepita puro), na área de pivô 04, para (A): Al³⁺; (B): saturação por alumínio (m(%)) e (C): fósforo (P).

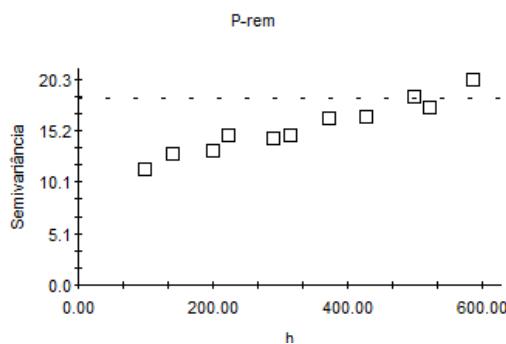


FIGURA 80. Semivariogramas mostrando tendência nos dados, na área de pivô 04, para P-rem.

De acordo com as Figuras 79 e 80, constatou-se, no ajuste de semivariogramas para área de pivô 04, efeito pepita puro para Al³⁺, K⁺, m (%) e P e tendência nos dados de P-rem.

Com relação a teores de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica no solo, na área de pivô 04, os resultados encontrados são apresentados na Tabela 33.

TABELA 33. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 10 pontos distribuídos na área de pivô 04

Amostra	Matéria Orgânica	B ⁺	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	S
	dag Kg ⁻¹			mg dm ⁻³			
1	1,18	0,27	1,10	49,00	14,90	3,10	16,41
11	1,35	0,29	1,30	58,30	23,10	3,20	13,02
22	1,02	0,40	1,30	49,10	11,00	3,10	13,77
33	1,24	0,40	1,30	64,40	23,60	2,70	47,74
44	0,97	0,32	1,40	105,40	38,00	6,30	8,86
54	1,93	0,33	1,20	90,30	39,40	3,80	12,64
64	1,29	0,26	1,20	50,30	30,80	6,60	10,56
74	2,23	0,35	1,30	88,50	40,20	4,60	13,02
84	1,07	0,18	1,00	61,50	24,70	3,10	23,21
105	1,35	0,22	1,00	38,60	1,00	3,00	11,51
Média	1,36	0,30	1,21	65,54	24,67	3,95	17,07
CV (%)	29,85	23,97	11,32	33,35	52,67	35,99	67,14

Em que: CV(%): Coeficiente de variação; B⁺: Boro; Cu²⁺: Cobre; Fe²⁺: Ferro; Mn²⁺: Manganês; Zn²⁺: Zinco e S: Enxofre.

De acordo com a Tabela 33, constatou-se no solo, na área de pivô 04, que os níveis de boro encontrados foram médios e levemente abaixo dos níveis adequados para a cultura da soja, que os de ferro e manganês foram elevados, que os de cobre estão dentro dos níveis adequados e que os de zinco estão altos (GALRÃO, 1999). Quanto aos níveis de enxofre no solo, observou-se, considerando valores médios de P-rem na área, valores muito bons na profundidade de 0 - 20 cm. Quanto à matéria orgânica, os teores encontrados foram baixos.

4.4.5 Atributos químicos do solo da área de pivô 05

A estatística descritiva de cada atributo químico do solo foi avaliada e os resultados encontram-se na Tabela 34.

TABELA 34. Valores de mínimo (Min.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 05

Variável	Mín.	Média	Máx.	Desvio Padrão	Variância	Assim.	Curtose	CV (%)
pH em Água	5,21	6,57	7,14	0,45	0,20	-1,13	0,67	6,83
P-rem*	20,93	29,43	40,00	5,73	32,82	0,20	-1,26	19,47
P**	8,58	26,07	63,70	14,55	211,60	0,96	-0,02	55,80
K ⁺ ***	39,00	87,27	264,00	52,72	2779,58	2,06	4,00	60,41
Ca ^{2+****}	1,39	3,22	4,52	0,59	0,35	-0,54	1,38	18,43
Mg ^{2+****}	0,68	1,96	2,89	0,42	0,18	-0,62	1,18	21,62
Al ^{3+ ****}	0,03	0,05	0,50	0,09	0,01	4,49	20,03	162,26
H + Al****	1,07	1,61	2,54	0,37	0,14	1,00	-0,05	23,30
SB****	2,21	5,40	7,53	1,04	1,08	-0,56	1,32	19,21
CTC (t) ****	2,71	5,45	7,56	0,99	0,97	-0,28	0,60	18,06
CTC (T)****	4,53	7,01	8,97	0,96	0,93	-0,30	0,04	13,75
V (%)	48,80	76,55	83,97	7,26	52,73	-2,00	4,66	9,49
m (%)	0,40	1,31	18,45	3,27	10,70	4,78	22,08	248,92

*valores em mg L⁻¹; **valores em mg dm⁻³; ***valores em Cmolc dm⁻³. Em que: Al³⁺: Alumínio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K⁺: Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio; Mg²⁺: Magnésio trocável; P: fósforo; P-rem: Fósforo remanescente; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

De acordo com a Tabela 34, observou-se, pelo valor da média (6,57), que o pH do solo em parte da área de pivô 05, estava acima do que é recomendável para a agricultura, que varia de 6,0 a 6,5. Houve dependência espacial e o modelo que melhor se ajustou foi o exponencial e, embora a dependência espacial tenha sido alta ($C_0/C_0 + C_i = 0,11$) o valor de r^2 de 0,281 foi baixo. De acordo com o mapa de distribuição espacial (Figura 81), parte considerável da área em questão encontrou-se com valores de pH acima do recomendado (áreas em verde) sendo que nas demais áreas os valores de pH encontraram-se adequados para a agricultura de acordo com a CFSEMG (1999). A partir dos resultados, constata-se ainda que a curva gerada é assimétrica negativa forte e que a mesma é platicúrtica.

Os valores em módulo de assimetria indicam assimetria moderada para P-rem, P, Ca²⁺, Mg²⁺, H + Al³⁺, SB, CTC (T) e CTC (t) enquanto os valores de assimetria para K⁺, Al³⁺, V (%) e m (%) indicam assimetria forte. Quanto aos resultados de curtose gerados pelos dados, observa-se que P-rem, P, H + Al e CTC (T) apresentaram curvas leptocúrticas enquanto os demais atributos avaliados apresentaram curvas platicúrticas.

Quanto ao coeficiente de variação constatou-se que o mesmo foi baixo para V (%), médio para P-rem, Ca²⁺, SB, CTC (T) e CTC (t), alto para Mg²⁺ e H + Al e muito alto para P, K⁺, Al³⁺, e m (%) (PIMENTEL GOMES, 2000).

Com relação aos valores encontrados, observou-se que o alumínio trocável (Al³⁺) apresentou valores baixos praticamente em toda a área, sendo que, na maior parte da área, o alumínio trocável apresentou valores próximos a 0,2 Cmolc dm⁻³ ou inferiores. Para saturação por alumínio o mesmo efeito foi observado, sendo a mesma muito baixa em toda a área. Na área de pivô 05 houve efeito pepita puro no ajuste dos semivariogramas para Al³⁺ e m (%), indicando que houve independência espacial. Isso ocorreu provavelmente em função dos valores baixos e próximos encontrados.

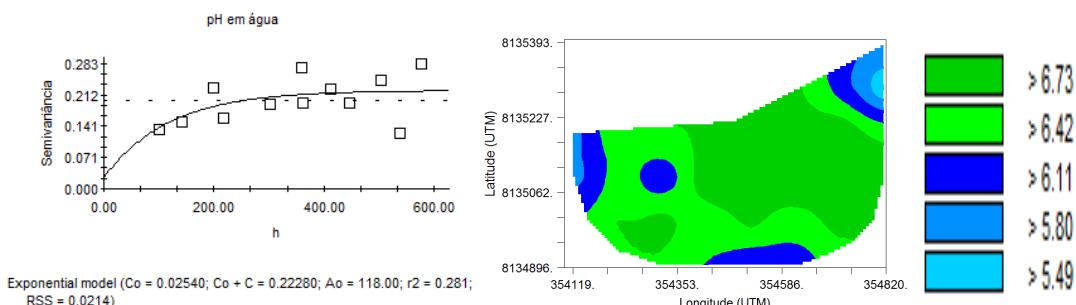


FIGURA 81. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 05.

De acordo com os valores médios de CTC (T), CTC (t), Mg²⁺, Ca²⁺, H + Al, P, P-rem, K⁺, SB e V (%) (TABELA 34), constatou-se que os mesmos foram bons de acordo com recomendações da CFSEMG (1999).

Como pode ser visualizado na Tabela 34, o modelo que se ajustou para pH em água foi o exponencial. Já com relação aos demais atributos químicos do solo observou-se independência espacial para Al³⁺, Ca²⁺, H + Al, K⁺, m (%) e P (Figura 82) e tendência para CTC (T), CTC (t), P-rem, Mg²⁺, SB e V (%) (Figura 83). Esses resultados provavelmente estão associados ao tamanho da área (31,11 ha) que é menor que as demais áreas de pivô central, sendo o número de amostras também menor (30 amostras).

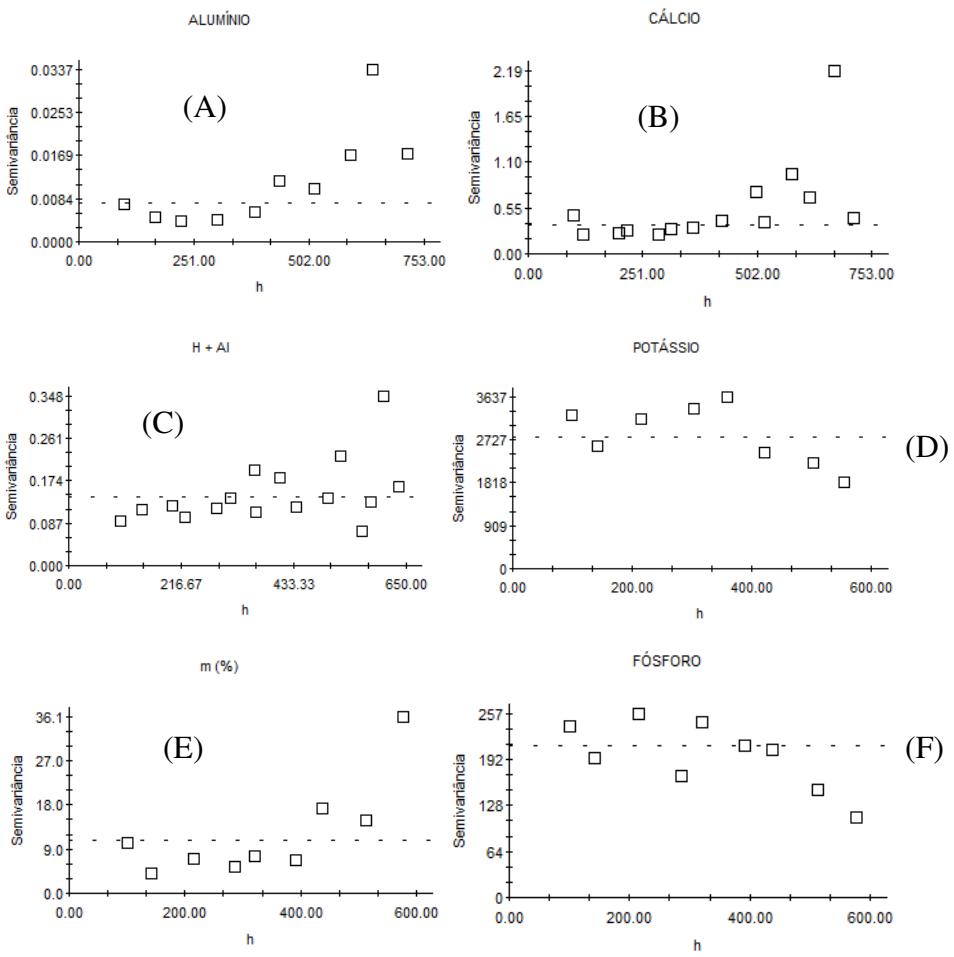
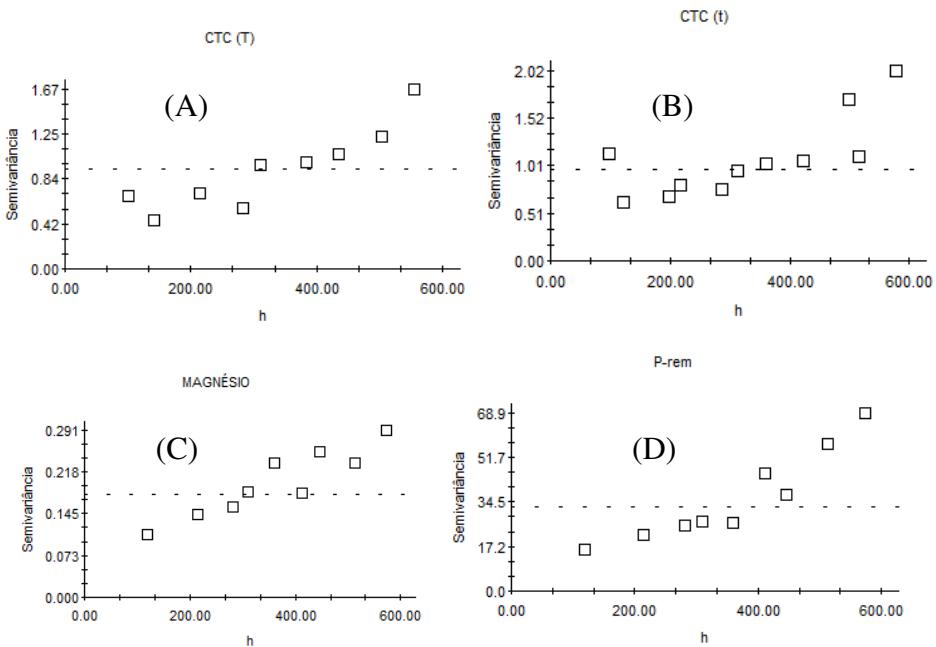


FIGURA 82. Semivariogramas ajustados mostrando independência espacial, na área de pivô 05, para: (A): alumínio (Al^{3+}); (B): cálcio (Ca^{2+}); (C): acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$); (D): potássio (K^+); (E): saturação por alumínio (m(%)); (F): fósforo (P).



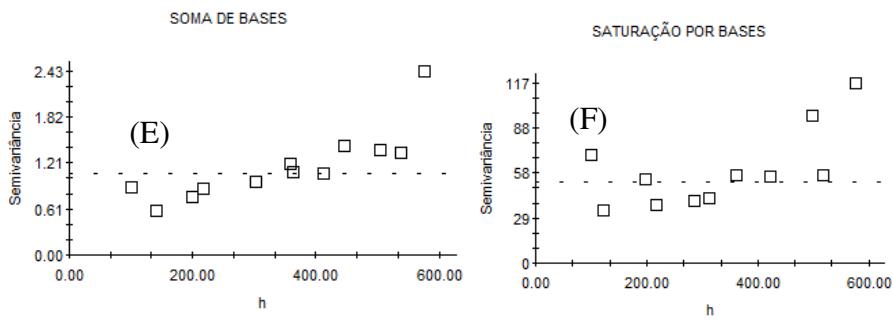


FIGURA 83. Semivariogramas ajustados mostrando tendência nos dados, na área de pivô 05, para: (A): CTC (T); (B): CTC (t); (C): magnésio (Mg^{2+}); (D): fósforo remanescente (P-rem.); (E): soma de bases (SB) e (F): saturação por bases (V%).

Com relação a teores de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica no solo, na área de pivô 05, os resultados encontrados são apresentados na Tabela 35.

TABELA 35. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 3 pontos distribuídos na área de pivô 05

Amostra	Matéria Orgânica dag Kg ⁻¹	B	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Zn^{2+}	S
				mg dm ⁻³			
1	1,87	0,39	0,90	45,20	14,60	10,20	25,09
11	1,81	0,30	0,90	42,80	36,10	12,90	9,24
22	1,18	0,30	1,30	61,50	21,90	14,60	20,37
Média	1,62	0,33	1,03	49,83	24,20	12,57	18,23
CV (%)	23,47	15,75	22,35	20,42	45,18	17,66	44,63

Em que: CV(%): Coeficiente de variação; B: Boro; Cu^{2+} : Cobre; Fe^{2+} : Ferro; Mn^{2+} : Manganês; Zn^{2+} : Zinco e S: Enxofre.

De acordo com a Tabela 35, constatou-se no solo, na área de pivô 05, que os níveis de boro encontrados foram médios e levemente abaixo dos níveis adequados para a cultura da soja, que os de ferro, manganês e zinco foram altos e que os de cobre estão dentro dos níveis adequados. Quanto aos níveis de enxofre no solo, observou-se que os valores, considerando valores médios de P-rem na área, foram muito bons na profundidade de 0 - 20 cm. Quanto à matéria orgânica, os teores encontrados foram baixos.

4.4.6 Atributos químicos do solo da área de pivô 06

A estatística descritiva de cada atributo químico do solo foi avaliada e os resultados encontram-se na Tabela 36.

TABELA 36. Valores de mínimo, máximo, média, desvio padrão, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 06

Variável	Mín.	Média	Máx.	Desvio Padrão	Variância	Assim.	Curtose	CV (%)
pH em Água	4,80	6,20	7,03	0,48	0,23	-0,83	0,95	7,68
P-rem*	13,98	24,76	40,64	5,99	35,84	0,95	0,18	24,18
P**	2,21	19,50	158,53	23,62	557,72	2,85	11,10	121,10
K ⁺ ***	36,00	84,94	336,00	43,56	1897,08	2,69	10,70	51,28
Ca ^{2+***}	1,37	2,44	4,40	0,59	0,35	0,70	0,73	24,03
Mg ^{2+***}	0,79	1,63	2,89	0,36	0,13	0,41	0,85	22,04
Al ^{3+ ***}	0,02	0,13	2,71	0,39	0,15	4,81	23,92	302,50
H + Al***	1,16	2,06	8,14	1,11	1,23	3,92	17,21	53,92
SB***	2,45	4,29	7,63	0,93	0,87	0,64	0,91	21,80
CTC (t) ***	2,57	4,42	7,66	0,96	0,93	0,63	0,38	21,82
CTC (T)***	4,37	6,35	12,64	1,37	1,87	2,07	5,75	21,54
V (%)	30,44	68,11	82,87	9,69	93,90	-1,51	2,92	14,23
m (%)	0,33	2,64	43,20	6,75	45,50	4,17	17,49	255,42

*valores em mg L⁻¹; **valores em mg dm⁻³; ***valores em Cmolc dm⁻³. Em que: Al³⁺: Alumínio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K⁺: Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio; Mg²⁺: Magnésio trocável; P: fósforo; P-rem: Fósforo remanescente; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

De acordo com a Tabela 36, observa-se, pelo valor máximo (7,03), que o pH do solo, em parte da área de pivô 06, está acima do que é recomendável para a agricultura, que varia de 6,0 a 6,5. Houve dependência espacial e o modelo que melhor se ajustou foi o exponencial e, embora a dependência espacial tenha sido moderada ($C_0/C_0 + C = 0,37$) o valor de r^2 de 0,379 foi baixo. De acordo com o mapa de distribuição espacial (Figura 84), parte considerável da área em questão possuía valores de pH acima do recomendado (áreas em verde) sendo que nas demais áreas os valores de pH encontram-se adequados para a agricultura de acordo com recomendações da CFSEMG (1999). A partir dos resultados, constatou-se ainda que a curva gerada a partir dos dados é assimétrica negativa moderada e que a mesma é platicúrtica.

Os valores em módulo de assimetria indicam assimetria moderada para P-rem, Ca²⁺, Mg²⁺, SB e CTC (t) enquanto os valores de assimetria para P, K⁺, Al³⁺, H + Al, CTC (T), V (%) e m (%) indicam assimetria forte. Quanto aos resultados de curtose gerados pelos dados, observou-se que P-rem apresentou curva leptocúrtica enquanto os demais atributos avaliados apresentaram curvas platicúrticas.

Quanto ao coeficiente de variação constatou-se que o mesmo foi médio para V (%), alto para P-rem, Ca²⁺, Mg²⁺, SB, CTC (t) e CTC (T) e muito alto para P, K⁺, Al³⁺, H + Al e m (%).

Constatou-se ainda que o alumínio trocável (Al³⁺) apresentou valores baixos praticamente em toda a área, sendo que, na maior parte da área, o alumínio trocável apresentou valores próximos a 0,5 Cmolc dm⁻³ ou inferiores exceto uma pequena área em que valores maiores foram encontrados (áreas em verde e azul). Para saturação por alumínio o mesmo efeito foi observado, sendo a mesma muito baixa em toda a área com exceção das mesmas áreas onde ocorreram valores maiores para alumínio. Isso ocorreu provavelmente em função dos valores baixos e próximos encontrados para os dois atributos em questão. Os semivariogramas ajustados e mapas de distribuição espacial por krigagem para todos os atributos químicos em estudo, na área de pivô 06, são apresentados nas figuras 84 a 95 a seguir.

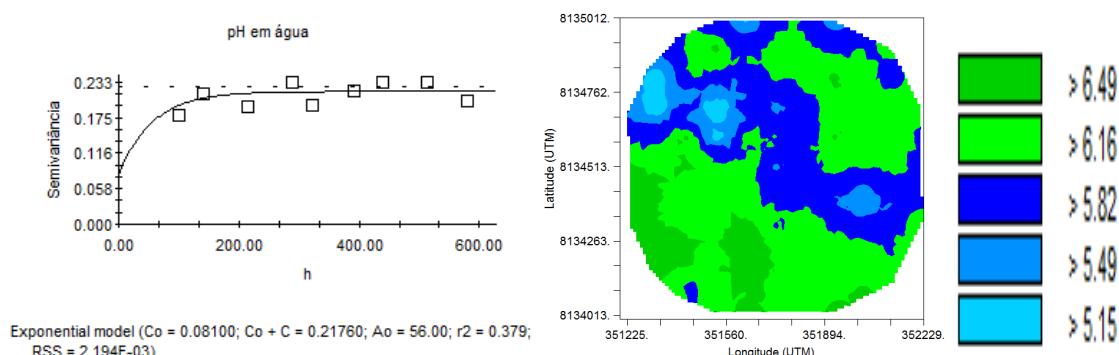


FIGURA 84. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 06.

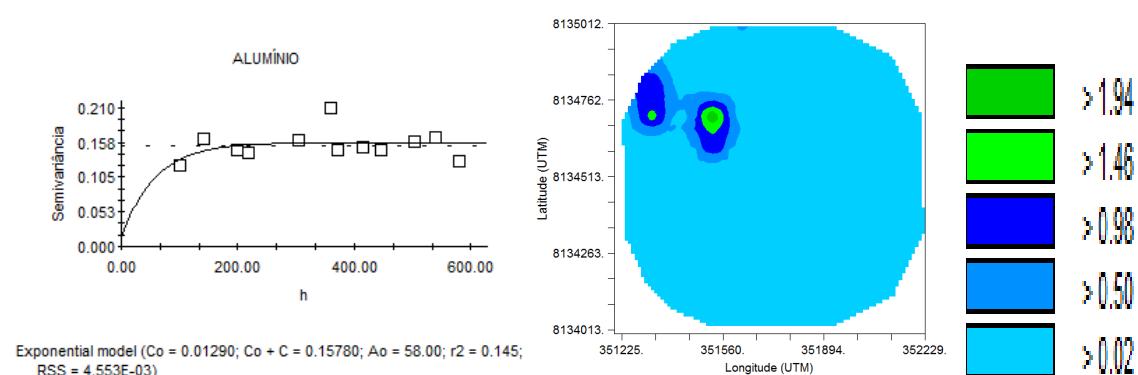


FIGURA 85. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para alumínio (Al³⁺) na área de pivô 06.

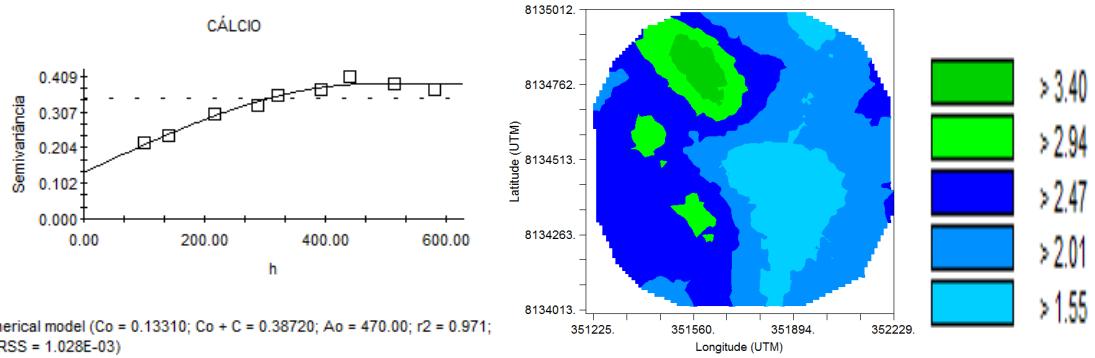


FIGURA 86. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 06.

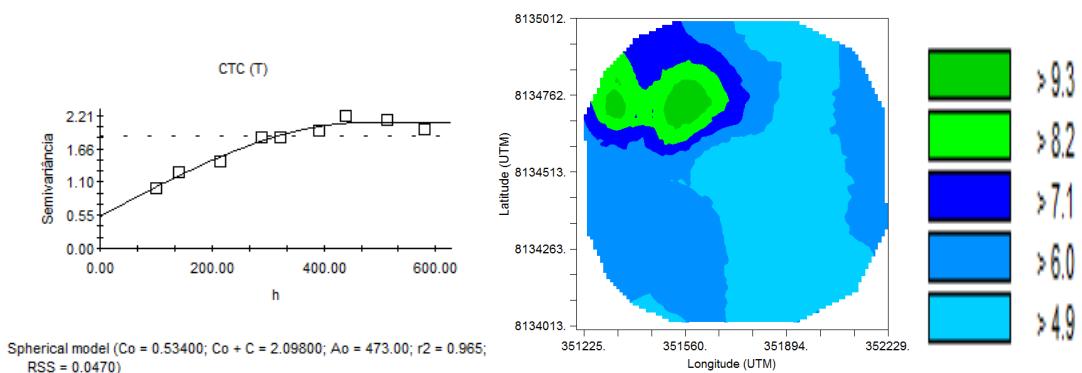


FIGURA 87. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (T) na área de pivô 06.

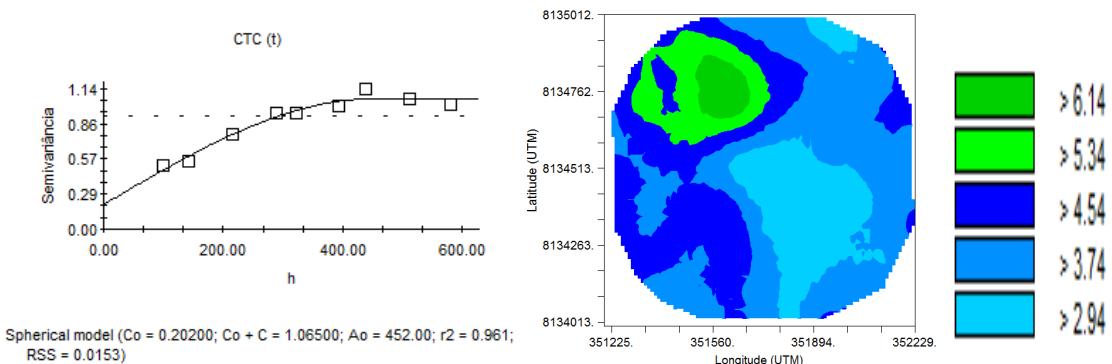


FIGURA 88. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (t) na área de pivô 06.

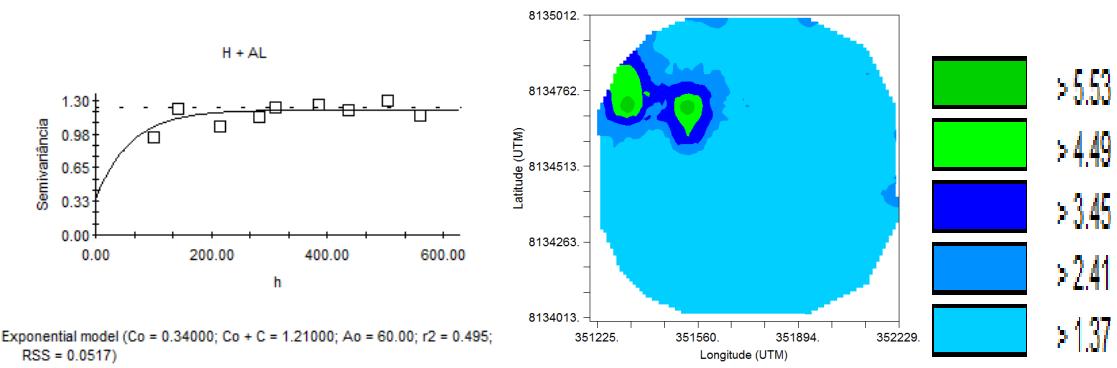


FIGURA 89. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para H + Al na área de pivô 06.

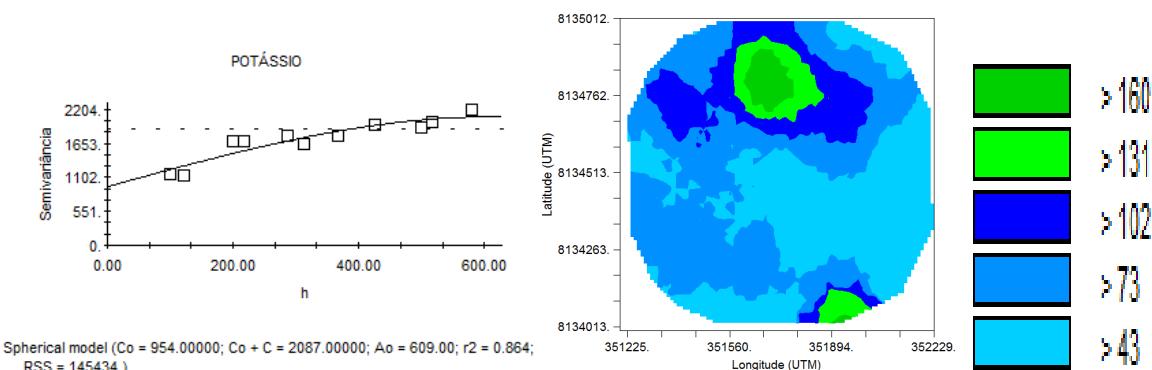


FIGURA 90. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para potássio (K^+) na área de pivô 06.

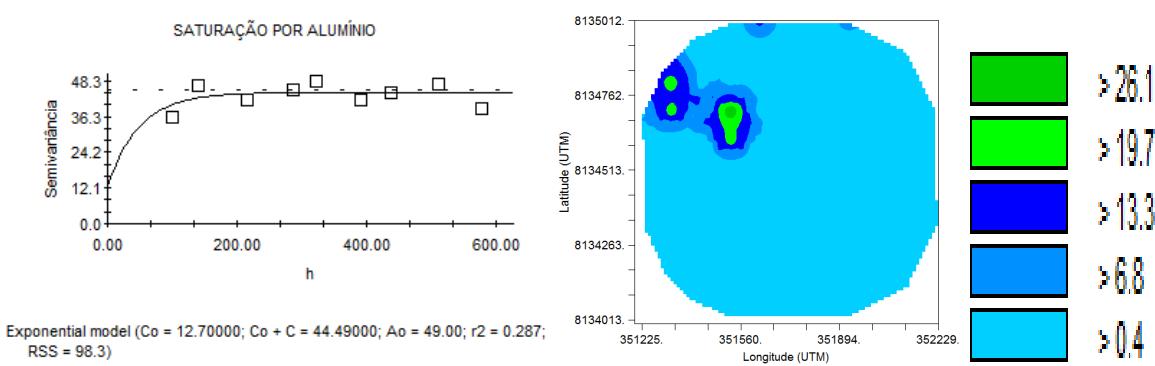


FIGURA 91. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por alumínio (m (%)) na área de pivô 06.

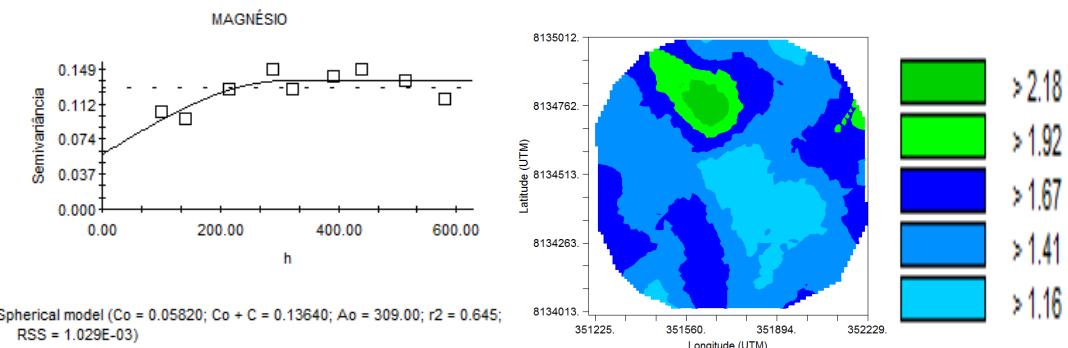


FIGURA 92. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 06.

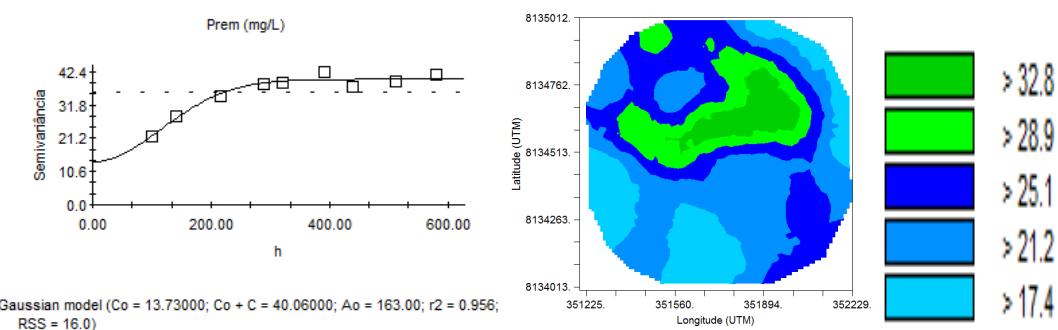


FIGURA 93. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para P-rem na área de pivô 06.

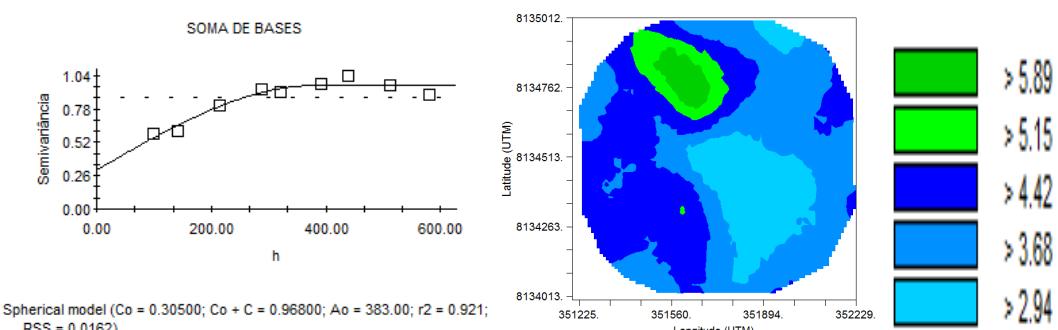


FIGURA 94. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para soma de bases (SB) na área de pivô 06.

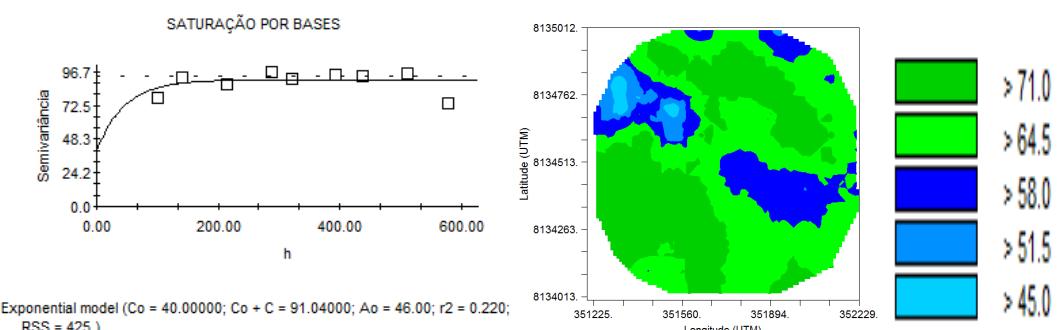


FIGURA 95. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por bases (V(%)) na área de pivô 06.

De acordo com a Tabela 36, os valores médios de CTC (T), CTC (t), Mg²⁺, Ca²⁺, H + Al, P, P-rem, K⁺, SB e V (%) foram adequados conforme recomendações da CFSEMG (1999). Constatou-se a partir dos mapas gerados, como esperado, que nos locais com CTC (t) maiores, também se encontrou os maiores valores de Ca²⁺, Mg²⁺ e SB mostrando a maior adsorção e menor lixiviação de nutrientes nessas áreas. Quanto à saturação por bases, constatou-se que a mesma foi maior que 64,5 % para aproximadamente metade da área.

Como pode ser visualizado na Tabela 37, o modelo que se ajustou para pH em água, Al³⁺, H + Al, m (%), e V (%) foi o exponencial, para Ca²⁺, CTC (T), CTC (t), K⁺, Mg²⁺ e SB foi o esférico e para P-rem foi o Gaussiano.

TABELA 37. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 06, quando houve dependência espacial

Atributo	C ₀	C _{0+C}	C _{0/C_{0+C}}	Dependência espacial	r ²	RSS	Modelo
pH em água	0,081	0,218	0,37	Moderada	0,3790	2,194 10 ⁻³	Exponencial
Al ³⁺	0,013	0,158	0,08	Forte	0,1450	4,553 10 ⁻³	Exponencial
Ca ²⁺	0,133	0,387	0,34	Moderada	0,9710	1,028 10 ⁻³	Esférico
CTC (T)	534,000	2,098	254,53	Moderada	0,9650	0,047	Esférico
CTC (t)	0,202	1,065	0,19	Forte	0,9610	0,0153	Esférico
H + Al	0,340	1,210	0,28	Moderada	0,4950	0,052	Exponencial
K ⁺	954,000	2087,000	0,46	Moderada	0,8640	145434	Esférico
m (%)	12,700	44,490	0,29	Moderada	0,2870	98,300	Exponencial
Mg ²⁺	0,058	0,136	0,43	Moderada	0,6450	1,029 10 ⁻³	Esférico
P-rem	13,730	40,060	0,34	Moderada	0,9560	16,000	Gaussiano
SB	0,305	0,968	0,32	Moderada	0,9210	0,016	Esférico
V (%)	40,000	91,040	0,44	Moderada	0,2200	425,000	Exponencial

Em que: Al³⁺: Alumínio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiónica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K⁺: Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio; Mg²⁺: Magnésio trocável; P-rem: Fósforo remanescente; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

Com relação ao fósforo no solo, como mostra a Figura 96 a seguir, na área de pivô 06 encontrou-se independência espacial (efeito pepita puro).

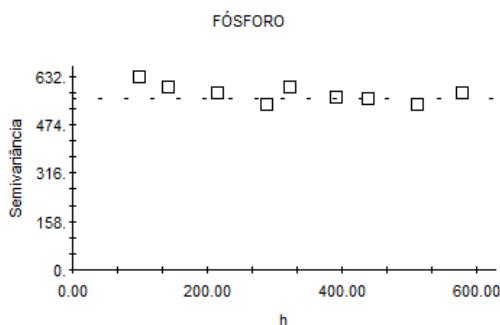


FIGURA 96. Semivariograma mostrando independência espacial para fósforo (P), na área de pivô 06.

Com relação a teores de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica no solo, na área de pivô 06, os resultados encontrados são apresentados na Tabela 39.

TABELA 38. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 9 pontos distribuídos na área de pivô 06

Amostra	Matéria Orgânica dag Kg ⁻¹	B	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	S
				mg dm ⁻³			
1	1,24	0,17	1,70	61,50	59,20	11,10	17,54
12	1,29	0,42	1,40	56,10	36,20	7,40	33,58
23	1,02	0,27	1,40	49,20	33,90	6,60	15,09
34	1,07	0,33	1,20	37,00	24,60	2,90	29,43
45	0,91	0,22	1,20	41,00	24,30	5,40	15,85
56	0,97	0,24	1,40	52,10	22,60	8,40	18,30
67	1,29	0,26	1,40	56,20	45,60	12,20	16,60
78	0,97	0,21	1,40	120,00	11,20	5,10	16,41
89	1,07	0,37	1,20	39,80	26,10	7,30	26,98
Média	1,09	0,28	1,37	56,99	31,52	7,38	21,09
CV (%)	13,51	29,36	11,57	43,99	45,06	39,49	32,95

Em que: CV(%): Coeficiente de variação; B: Boro; Cu²⁺: Cobre; Fe²⁺: Ferro; Mn²⁺: Manganês; Zn²⁺: Zinco e S: Enxofre.

De acordo com a Tabela 38, constatou-se no solo, na área de pivô 06, que os níveis de boro encontrados foram baixos, que os de ferro, manganês e zinco foram altos e que os de cobre estão dentro dos níveis adequados. Quanto aos níveis de enxofre no solo, observa-se que os valores, considerando valores médios de P-rem na área, se encontraram muito bons na profundidade de 0 - 20 cm. Quanto à matéria orgânica, os teores encontrados foram baixos.

4.4.7 Atributos químicos do solo da área de pivô 07

A estatística descritiva de cada atributo químico do solo foi avaliada e os resultados encontram-se na Tabela 39.

TABELA 39. Valores de mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 07

Variável	Mín.	Média	Máx.	Desvio Padrão	Variância	Assim.	Curtose	CV (%)
pH em Água	5,17	6,43	7,53	0,53	0,29	-0,35	-0,56	8,31
P-rem*	16,3 6	27,72	44,90	7,32	53,55	0,39	-0,83	26,39
P**	3,70	28,00	122,65	24,97	623,75	1,83	3,19	89,21
K ⁺ ***	27,0 0	73,28	256,00	41,54	1725,75	2,27	6,18	56,69
Ca ^{2+****}	1,48	2,84	5,20	0,77	0,60	1,04	0,64	27,29
Mg ^{2+****}	0,90	2,05	4,48	0,72	0,52	1,21	1,50	35,12
Al ^{3+****}	0,02	0,07	0,67	0,12	0,01	3,54	12,91	174,84
H + Al****	0,89	1,81	5,16	0,63	0,40	2,08	7,39	35,10
SB***	2,46	5,07	9,96	1,51	2,29	1,18	1,17	29,84
CTC (t) ***	3,13	5,14	9,99	1,50	2,26	1,25	1,15	29,24
CTC (T)***	4,50	6,88	12,30	1,62	2,61	1,47	1,78	23,49
V (%)	49,8 5	73,09	85,26	8,59	73,86	-0,61	-0,31	11,76
m (%)	0,30	1,48	21,38	2,87	8,25	4,44	24,03	193,76

*valores em mg L⁻¹; **valores em mg dm⁻³; ***valores em Cmolc dm⁻³. Em que: Al³⁺: Alumínio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K⁺: Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio; Mg²⁺: Magnésio trocável; P: fósforo; P-rem: Fósforo remanescente; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

De acordo com a Tabela 39, observou-se, pelo valor máximo (7,53), que o pH do solo, em parte da área de pivô 07, está acima do que é recomendável para a agricultura. Houve dependência espacial e o modelo que melhor se ajustou foi o exponencial e, embora a dependência espacial tenha sido moderada ($C_0/C_0 + C = 0,30$) o valor de r^2 foi baixo (0,491). De acordo com o mapa de distribuição espacial (Figura 98), parte considerável da área em questão encontra-se com valores de pH acima do recomendado (áreas em verde) sendo que nas demais áreas, os valores de pH encontram-se adequados para a agricultura de acordo com a CFSEMG, 1999. A partir dos resultados, constatou-se ainda que a curva gerada a partir dos dados é assimétrica negativa moderada e que a mesma é leptocúrtica.

Os valores em módulo de assimetria indicam assimetria moderada para P-rem e V (%) enquanto os valores de assimetria para P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H + Al, SB, CTC (t), CTC (T) e m (%) indicam assimetria forte. Quanto aos resultados de curtose gerados pelos

dados, observou-se que P-rem e V (%) apresentaram curvas leptocúrticas enquanto os demais atributos avaliados apresentaram curvas platicúrticas.

Quanto ao coeficiente de variação constatou-se que o mesmo foi médio para V (%), alto para P-rem, Ca²⁺, SB, CTC (t) e CTC (T) e muito alto para P, K⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H + Al, e m (%).

O Alumínio trocável (Al³⁺) apresentou valores baixos praticamente em toda a área, sendo que, a média dos resultados foi de 0,07 Cmolc dm⁻³. Para saturação por alumínio o mesmo efeito foi observado, sendo a mesma baixa de acordo com a média que foi de 1,48 %. Na área de pivô 07 houve efeito pepita puro no ajuste dos semivariogramas para Al³⁺ e m (%), indicando que houve independência espacial. Isso ocorreu provavelmente em função dos valores baixos e próximos encontrados.

A Figura 97 abaixo mostra a independência espacial para alumínio e saturação por alumínio (m %) na área de pivô 07.

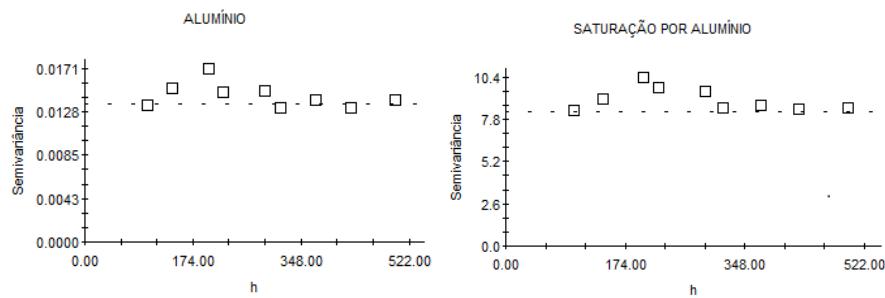


FIGURA 97. Semivariogramas ajustados mostrando independência espacial para alumínio (Al³⁺) à esquerda e saturação por alumínio (m (%)) à direita.

As Figuras 98 a 107 apresentam os semivariogramas ajustados e mapas de distribuição por krigagem para os atributos químicos do solo que apresentaram dependência espacial na área de pivô 07.

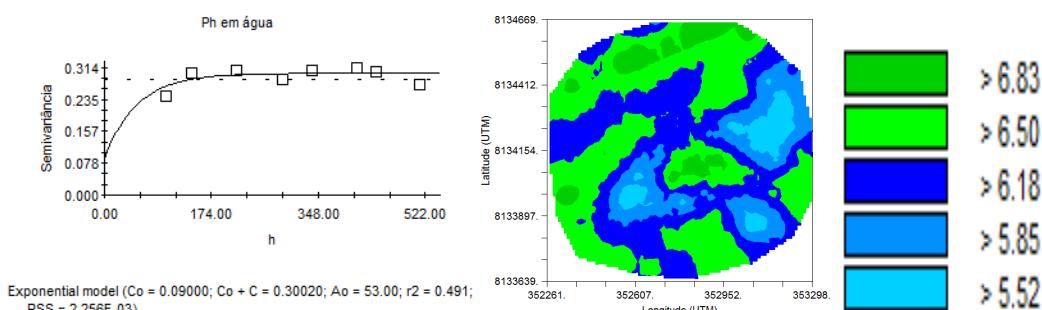


FIGURA 98. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 07.

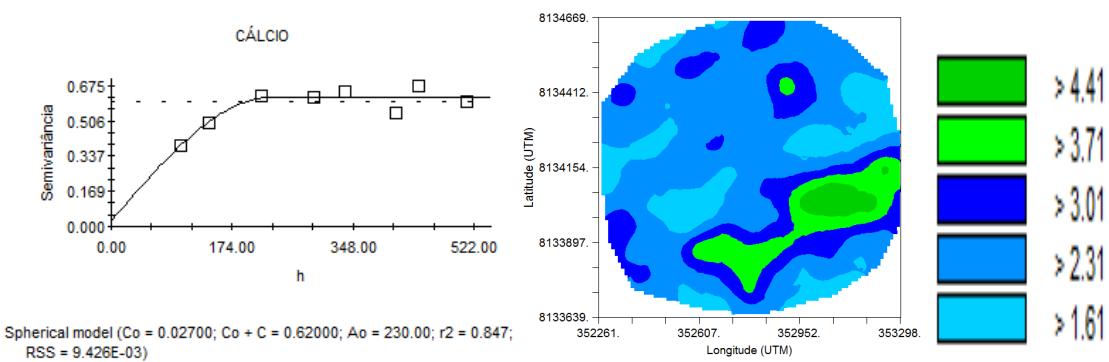


FIGURA 99. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca^{2+}) na área de pivô 07.

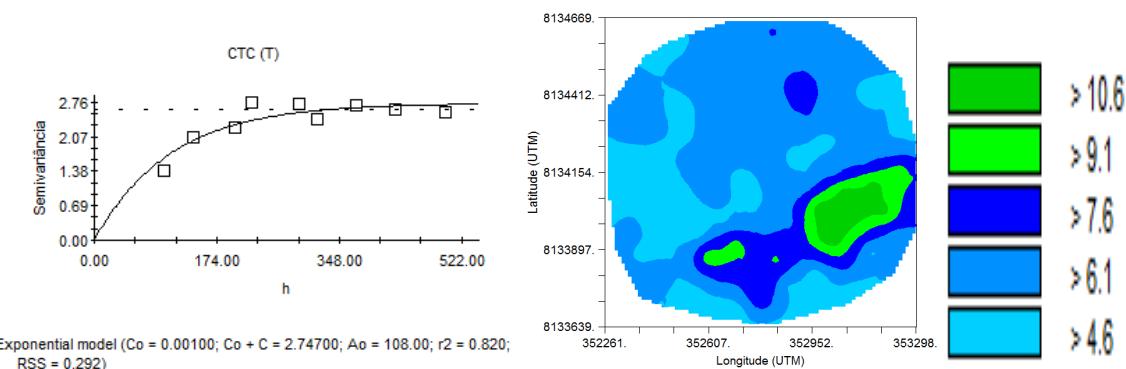


FIGURA 100. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (T) na área de pivô 07.

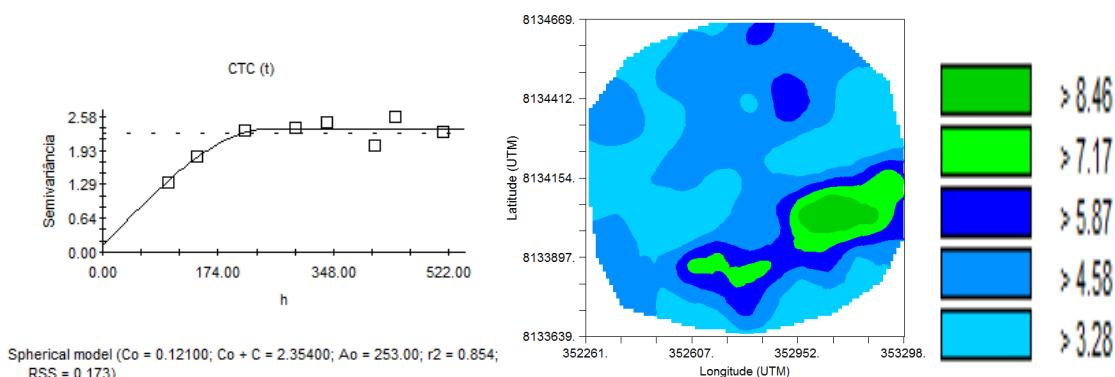


FIGURA 101. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (t) na área de pivô 07.

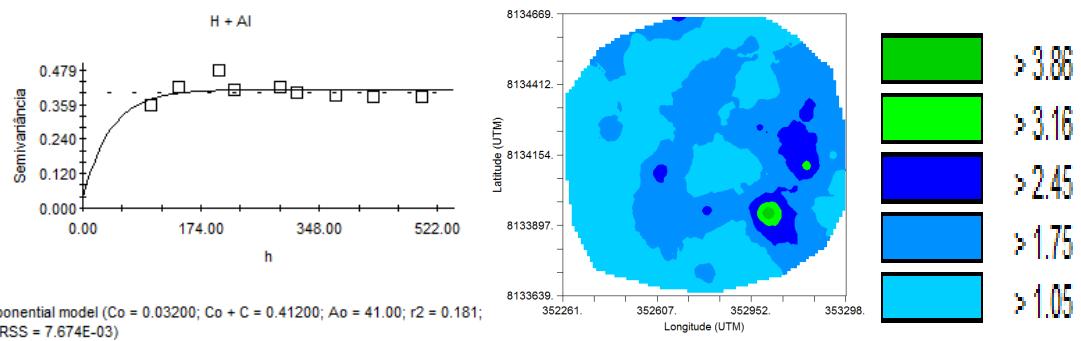


FIGURA 102. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para H + Al na área de pivô 07.

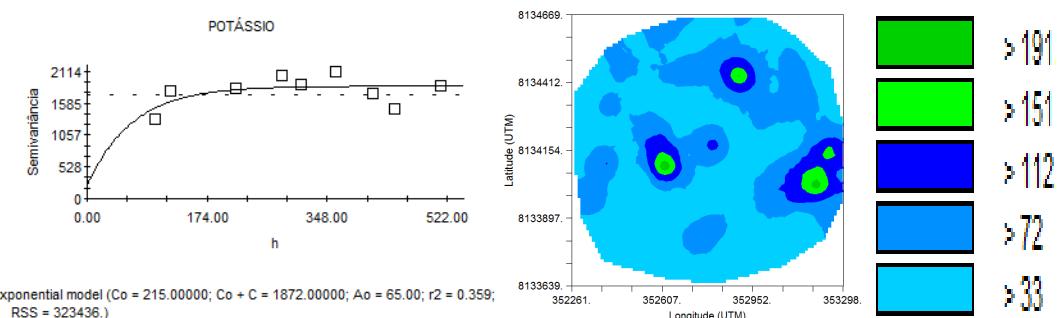


FIGURA 103. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para potássio (K^+) na área de pivô 07.

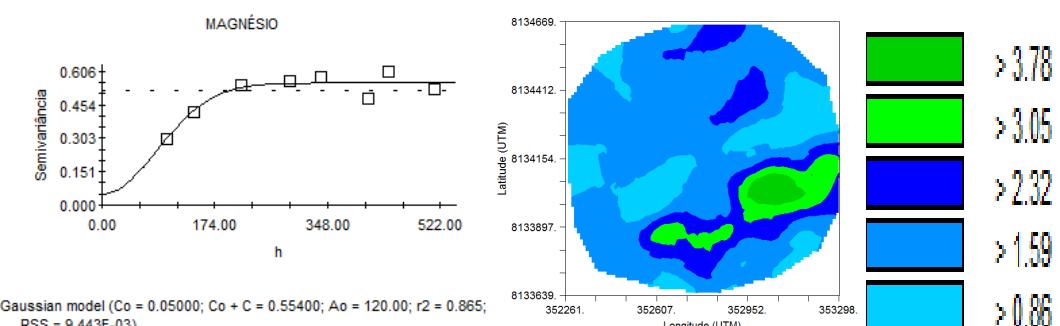


FIGURA 104. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 07.

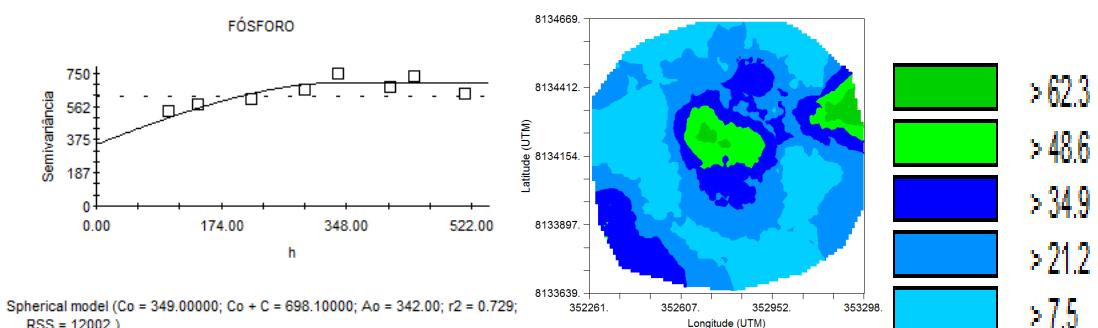


FIGURA 105. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para fósforo (P) na área de pivô 07.

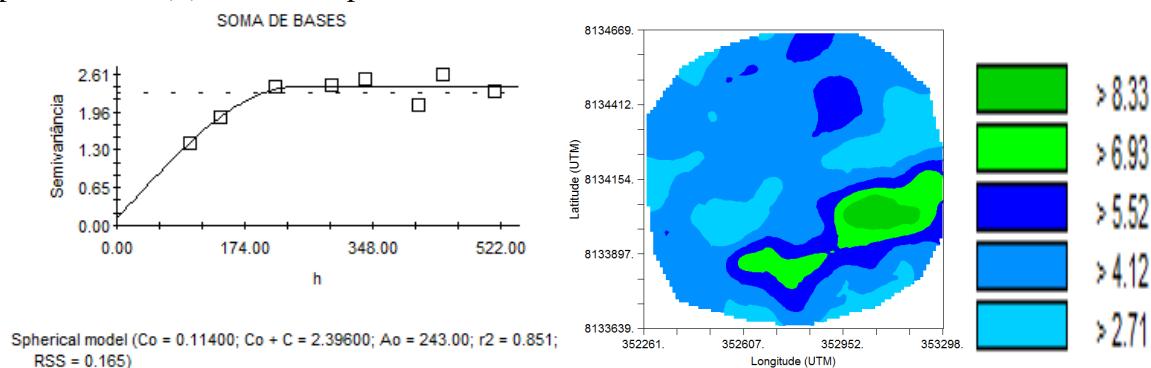


FIGURA 106. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para soma de bases na área de pivô 07.

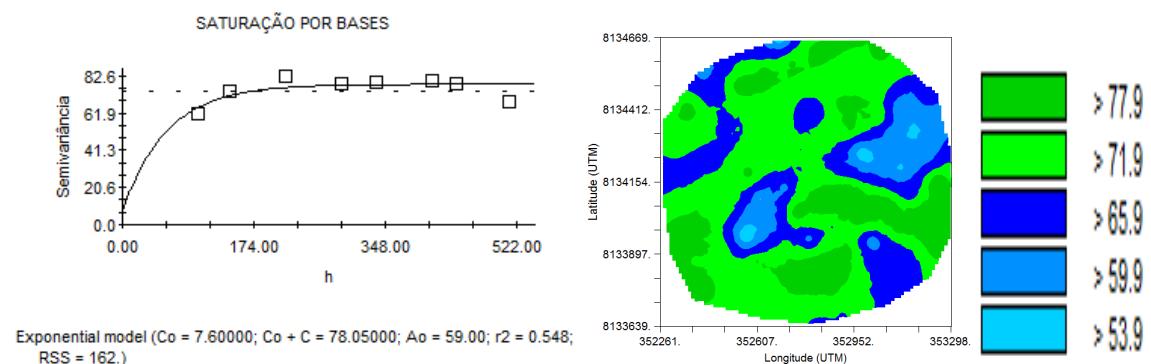


FIGURA 107. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por bases na área de pivô 07.

De acordo com os valores médios de CTC (T), CTC (t), Mg^{2+} , Ca^{2+} , H + Al, P, P-rem, K^+ , SB e V (%) apresentados na Tabela 39, os valores foram adequados de acordo com recomendações da CFSEMG (1999). Constata-se a partir dos mapas gerados, como esperado, que nos locais com CTC (t) e CTC (T) maiores, também se encontrou os maiores valores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e SB mostrando a maior adsorção e menor lixiviação de nutrientes nessas áreas. Quanto à saturação por bases, constata-se que a mesma foi maior que 71,9 % para praticamente toda a área.

Como pode ser visualizado na tabela 40, o modelo que se ajustou para pH em água, CTC (T), H + Al, K^+ , m (%) e V (%) foi o exponencial, para Ca^{2+} , CTC (t), P e SB foi o esférico e para Mg^{2+} foi o gaussiano.

TABELA 40. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 07, quando houve dependência espacial

Atributo	C ₀	C _{0+C}	C _{0/C_{0+C}}	Dependência espacial	r ²	RSS	Modelo
pH em água	0,090	0,300	0,30	Moderada	0,4910	2,256 10 ⁻³	Exponencial
Ca ²⁺	0,027	0,620	0,04	Forte	0,8470	9,426 10 ⁻³	Esférico
CTC (T)	0,001	2,747	0,00	Forte	0,8200	0,292	Exponencial
CTC (t)	0,121	2,354	0,05	Forte	0,8540	0,173	Esférico
H + Al	0,032	0,412	0,08	Forte	0,1810	7,674 10 ⁻³	Exponencial
K ⁺	215,000	1872,000	0,11	Forte	0,3590	323436	Exponencial
m (%)	12,700	44,490	0,29	Moderada	0,2870	98,300	Exponencial
Mg ²⁺	0,050	0,554	0,09	Forte	0,8650	9,443 10 ⁻³	Gaussiano
P	349,000	698,100	0,50	Moderada	0,7290	12002,000	Esférico
SB	0,114	2,396	0,05	Forte	0,8510	0,165	Esférico
V (%)	7,600	78,050	0,10	Forte	0,5480	162,000	Exponencial

Em que: Al³⁺: Alumínio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K⁺: Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio; Mg²⁺: Magnésio trocável; P: fósforo; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

Com relação a P-rem, na área de pivô 07, houve tendência nos dados como mostra a Figura 108 a seguir.

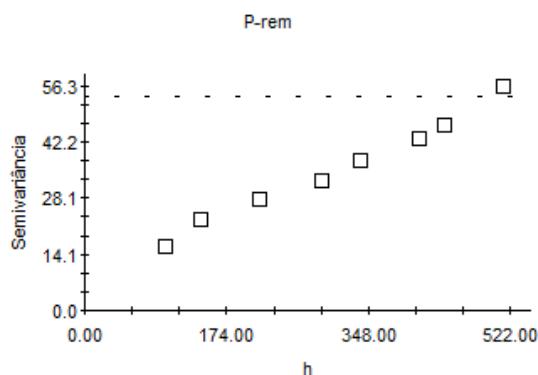


FIGURA 108. Semivariograma mostrando tendência nos dados para fósforo remanescente (P-rem).

Com relação a teores de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica no solo, na área de pivô 07, os resultados encontrados são apresentados na Tabela 41.

TABELA 41. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 9 pontos distribuídos na área de pivô 07

Amostra	Matéria Orgânica	B	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	S
	dag Kg ⁻¹			mg dm ⁻³			
1	1,13	0,19	1,20	57,00	25,20	4,30	22,26
11	1,02	0,31	1,40	99,70	39,40	10,60	13,96
22	0,97	0,33	1,30	59,80	12,70	5,20	22,26
32	1,35	0,38	1,10	54,80	15,30	3,50	17,92
42	1,93	0,54	1,70	125,50	76,00	17,90	9,43
52	1,46	0,39	1,00	52,60	16,10	3,50	24,15
63	1,75	0,31	0,90	44,30	27,50	5,90	9,62
74	1,93	0,23	1,10	42,50	45,50	7,90	11,70
85	1,29	0,48	1,20	68,00	63,20	23,00	25,66
Média	1,43	0,35	1,21	67,13	35,66	9,09	17,44
CV (%)	26,07	31,70	19,56	41,19	62,69	76,38	36,81

Em que: CV(%): Coeficiente de variação; B: Boro; Cu²⁺: Cobre; Fe²⁺: Ferro; Mn²⁺: Manganês; Zn²⁺: Zinco e S: Enxofre.

De acordo com a Tabela 41, constatou-se, no solo, na área de pivô 07, que os níveis de boro encontrados foram baixos, que os de ferro, manganês e zinco foram altos e que os de cobre estão dentro dos níveis adequados. Quanto aos níveis de enxofre, observa-se que os valores, considerando valores médios de P-rem na área, se encontram muito bons na profundidade de 0 - 20 cm. Quanto à matéria orgânica, os teores encontrados foram baixos.

4.4.8 Atributos químicos do solo da área de pivô 08

A estatística descritiva de cada atributo químico do solo foi avaliada e os resultados encontram-se na Tabela 42.

TABELA 42. Valores de mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 08

Variável	Mín.	Média	Máx.	Desvio Padrão	Variância	Assim.	Curtose	CV (%)
pH em Água	4,77	6,21	7,34	0,56	0,31	-0,11	-0,62	8,95
P-rem*	15,02	22,55	38,84	4,24	18,01	0,88	1,26	18,81
P**	2,21	8,22	37,37	7,02	49,23	2,45	5,91	85,36
K ⁺ ***	42,00	83,59	244,00	26,93	725,41	2,33	10,69	32,22
Ca ^{2+***}	1,40	2,26	3,48	0,45	0,20	0,32	-0,41	19,92
Mg ^{2+***}	0,75	1,40	2,23	0,34	0,11	0,24	-0,66	23,89
Al ^{3+***}	0,02	0,10	1,80	0,20	0,04	6,16	46,30	196,95
H + Al***	0,48	1,87	7,05	0,81	0,65	3,78	20,29	43,06
SB***	2,47	3,88	6,11	0,77	0,60	0,26	-0,55	19,95
CTC (t) ***	2,73	3,98	6,80	0,73	0,54	0,66	0,68	18,40
CTC (T)***	3,69	5,75	13,16	1,01	1,01	4,01	26,99	17,48
V (%)	29,30	67,61	86,87	9,63	92,70	-0,72	1,07	14,24
m (%)	0,37	2,79	42,14	5,00	25,00	5,21	35,56	179,49

*valores em mg L⁻¹; **valores em mg dm⁻³; ***valores em Cmolc dm⁻³. Em que: Al³⁺: Alumínio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K⁺: Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio; Mg²⁺: Magnésio trocável; P: fósforo; P-rem: Fósforo remanescente; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

De acordo com a Tabela 42, observa-se, pelo valor máximo (7,34), que o pH do solo, em parte da área de pivô 08, está acima do que é recomendável para a agricultura. Houve dependência espacial, o modelo que melhor se ajustou foi o exponencial, a dependência espacial foi moderada ($C_0/C_0 + C = 0,28$) e o valor de r^2 foi de 0,728. De acordo com o mapa de distribuição espacial (Figura 109), parte da área em questão encontrou-se com valores de pH acima do recomendado (áreas em verde escuro e parte das áreas em verde claro) sendo que nas demais áreas, os valores de pH encontraram-se adequados para a agricultura de acordo com a CFSEMG (1999). A partir dos resultados, constatou-se ainda que a curva gerada a partir dos dados é assimétrica negativa fraca e que a mesma é leptocúrtica.

Os valores em módulo de assimetria indicam assimetria moderada para P-rem, Ca²⁺, Mg²⁺, SB, CTC (t), e V (%) enquanto os valores de assimetria para P, K⁺, Al³⁺, H + Al, CTC (T) e m (%) indicam assimetria forte. Quanto aos resultados de curtose gerados pelos dados, observou-se que Ca²⁺, Mg²⁺ e SB apresentaram curvas leptocúrticas enquanto os demais atributos avaliados apresentaram curvas platicúrticas.

Quanto ao coeficiente de variação constatou-se que o mesmo foi médio para P-rem, Ca²⁺, SB, CTC (t), CTC (T) e V (%), alto para Mg²⁺ e muito alto para P, K⁺, Al³⁺, H + Al e m (%).

O Alumínio trocável (Al³⁺) apresentou valores baixos praticamente em toda a área, sendo a média de alumínio trocável de 0,1 Cmolc dm⁻³. Para saturação por alumínio o mesmo efeito foi observado, sendo a mesma baixa em quase toda a área. Na área de pivô 08 houve efeito pepita puro no ajuste dos semivariogramas para Al³⁺ e m (%), indicando que houve independência espacial. Isso ocorreu provavelmente em função dos valores baixos e próximos encontrados.

Nas Figuras 109 a 112 são apresentados os semivariogramas ajustados e os mapas de distribuição espacial para os atributos químicos do solo que apresentaram dependência espacial.

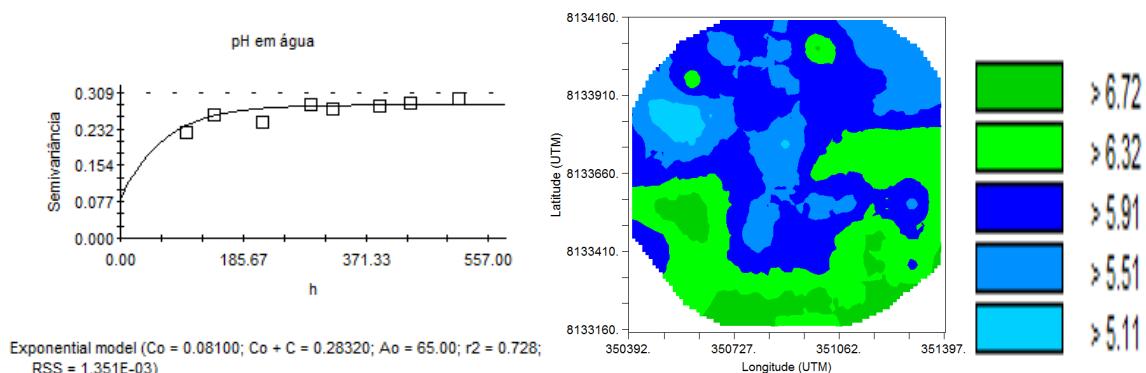


FIGURA 109. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 08.

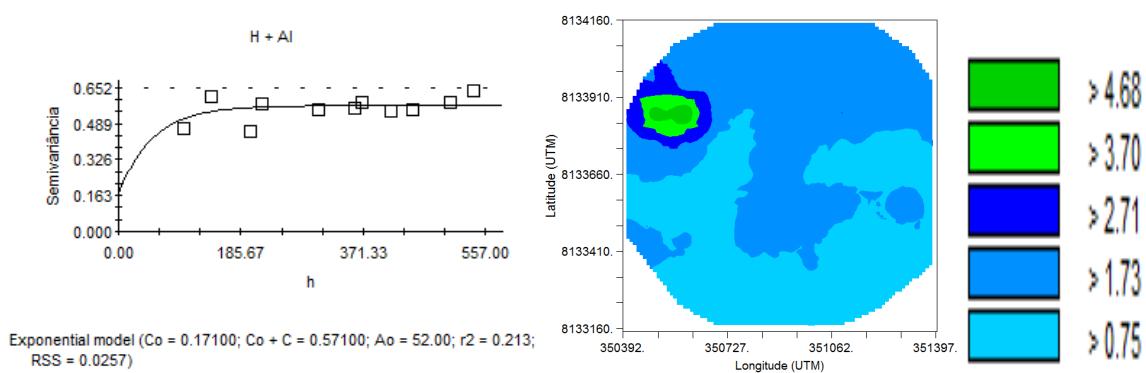


FIGURA 110. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para acidez potencial (H + Al) na área de pivô 08.

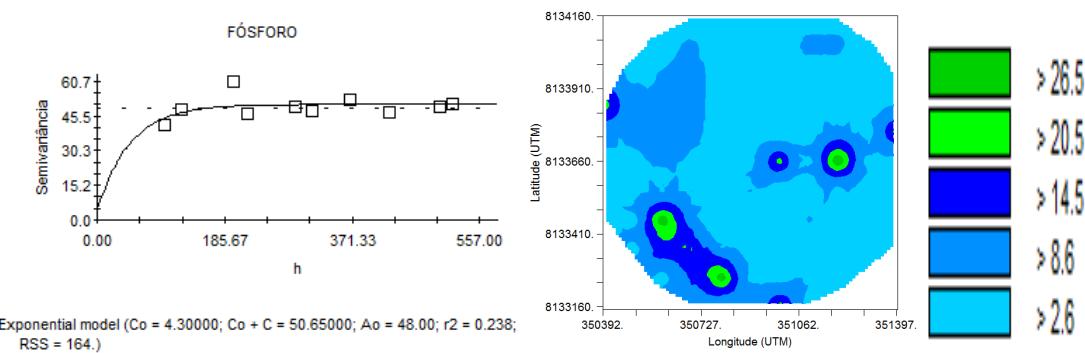


FIGURA 111. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para fósforo (P) na área de pivô 08.

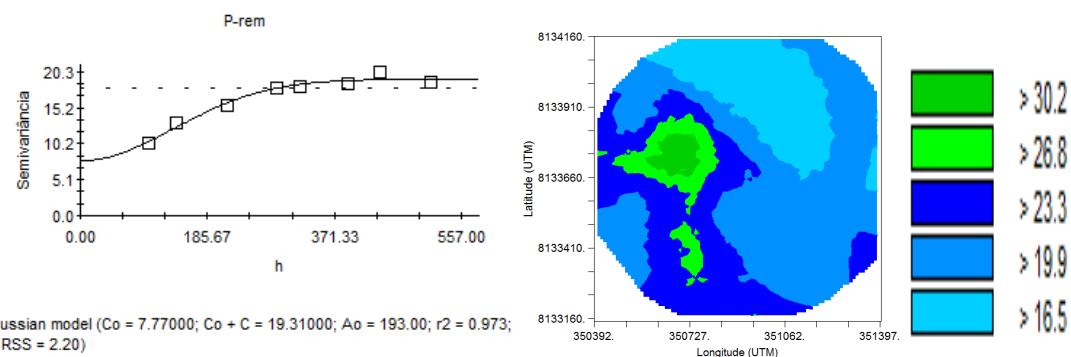


FIGURA 112. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para fósforo remanescente (P-rem) na área de pivô 08.

De acordo com os valores médios de CTC (T), CTC (t), Mg^{2+} , Ca^{2+} , H + Al, P, P-rem, K^+ , SB e V (%) constatou-se que os mesmos foram bons de acordo com recomendações da CFSEMG (1999). Quanto ao fósforo, constatou-se que a maior parte da área possui entre 2,6 e 8,6 $mg\ dm^{-3}$, valores considerados de muito baixos a médios.

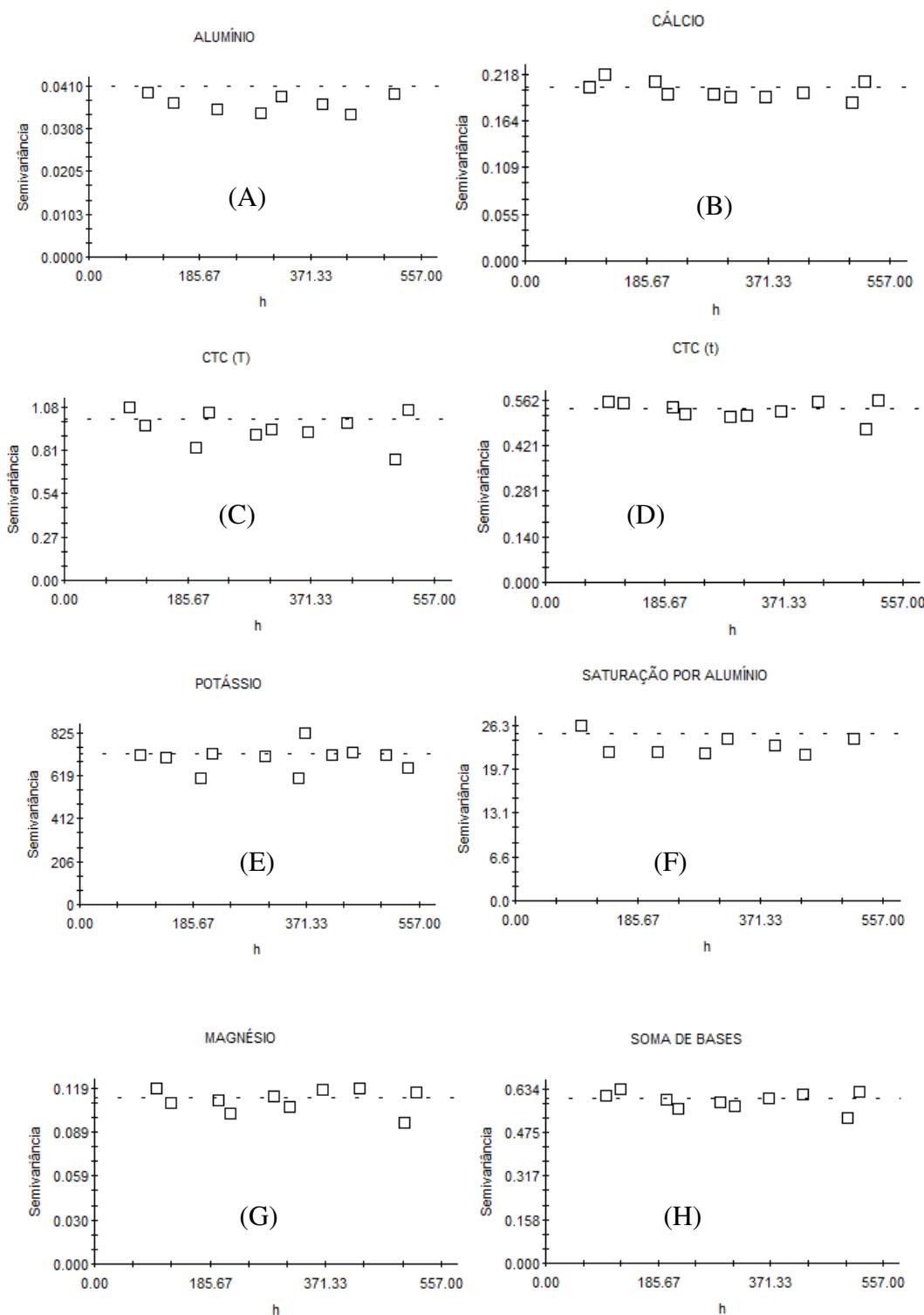
Como pode ser visualizado na Tabela 43, o modelo que se ajustou para pH em água, H + Al e P foi o exponencial e para P-rem foi o gaussiano.

TABELA 43. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 08, quando houve dependência espacial

Atributo	C_0	C_0+C	$\frac{C_0}{C_0+C} + \frac{C}{C}$	Dependência espacial	r^2	RSS	Modelo
pH em água	0,081	0,283	0,29	Moderada	0,7280	$1,351\ 10^{-3}$	Exponencial
H + Al	0,171	0,571	0,30	Moderada	0,2130	0,026	Exponencial
P	4,300	50,650	0,08	Forte	0,2380	164,000	Exponencial
P-rem	7,770	19,310	0,40	Moderada	0,9730	2,200	Gaussiano

Em que: H + Al: acidez potencial; P: fósforo e P-rem: Fósforo remanescente.

Quanto ao ajuste de semivariogramas para Al^{3+} , Ca^{2+} , CTC (T), CTC (t), K^+ , Mg^{2+} , SB, m (%) e V (%), constatou-se independência espacial (efeito pepita puro).



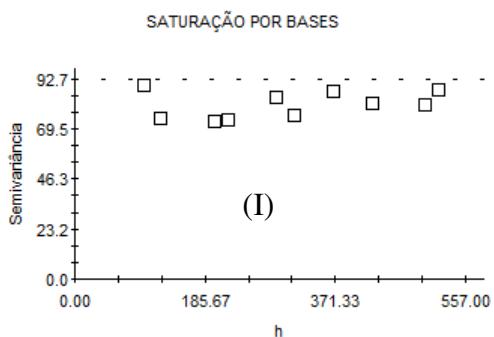


FIGURA 113. Semivariogramas mostrando independência espacial para: (A): Alumínio (Al^{3+}); (B): cálcio (Ca^{2+}); (C): CTC (T); (D): CTC (t); (E): potássio (K^+); (F): saturação por alumínio (m%); (G): magnésio (Mg^{2+}); (H): soma de bases (SB) e (I): saturação por bases (V%).

Com relação a teores de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica no solo, na área de pivô 08, os resultados encontrados são apresentados na Tabela 44.

TABELA 44. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 10 pontos distribuídos na área de pivô 08

Amostra	Matéria Orgânica dag Kg ⁻¹	B	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Zn^{2+}	S
				mg/dm ⁻³			
1	1,02	0,28	1,10	43,60	17,80	3,10	47,92
12	0,91	0,27	1,00	39,70	17,90	5,40	20,37
23	1,07	0,33	1,30	43,30	26,20	5,30	15,09
34	1,18	0,25	0,80	30,20	14,40	4,10	25,66
45	1,18	0,23	1,30	45,40	45,80	5,60	22,26
56	1,07	0,27	1,10	39,50	24,30	4,90	24,34
67	0,97	0,23	1,30	40,50	28,30	3,00	19,24
78	0,86	0,37	1,70	297,60	16,10	4,00	12,07
89	1,18	0,52	1,20	38,40	32,10	11,20	15,66
100	0,80	0,41	1,10	32,90	15,30	5,80	13,02
Média	1,03	0,32	1,19	65,11	23,82	5,24	21,56
CV (%)	13,53	29,51	19,98	125,67	41,27	44,32	48,05

Em que: CV(%): Coeficiente de variação; B: Boro; Cu^{2+} : Cobre; Fe^{2+} : Ferro; Mn^{2+} : Manganês; Zn^{2+} : Zinco e S: Enxofre.

De acordo com a Tabela 44, constatou-se no solo, na área de pivô 08, que os níveis de boro encontrados foram baixos, que os de ferro, manganês e zinco foram altos e que os de cobre estão dentro dos níveis adequados. Quanto aos níveis de enxofre no solo, observa-se que os valores, considerando valores médios de P-rem na área, se encontraram muito bons na profundidade de 0 - 20 cm. Quanto à matéria orgânica, os teores encontrados foram baixos.

4.4.9 Atributos químicos do solo da área de pivô 09

A estatística descritiva de cada atributo químico do solo foi avaliada e os resultados encontram-se na Tabela 45.

TABELA 45. Valores de mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, desvio padrão, variância, assimetria (Assim.), curtose e coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo observados na área de pivô 09

Variável	Mín.	Média	Máx.	Desvio Padrão	Variância	Assim.	Curtose	CV (%)
pH em Água	4,61	5,74	6,86	0,64	0,41	-0,11	-1,26	11,17
P-rem*	13,83	25,93	40,03	5,47	29,93	0,13	-0,09	21,10
P**	3,70	16,98	114,85	17,22	296,40	2,85	10,58	101,40
K ⁺ **	31,00	61,63	134,00	22,11	488,86	1,09	1,09	35,88
Ca ²⁺ ***	1,17	2,42	4,08	0,56	0,31	0,54	0,33	23,08
Mg ²⁺ ***	0,62	1,29	2,48	0,34	0,11	0,79	0,89	26,17
Al ³⁺ ***	0,02	0,61	3,33	0,88	0,77	1,40	0,66	145,06
H + Al***	1,25	2,97	9,83	2,01	4,06	1,47	1,21	67,88
SB***	1,99	3,87	6,25	0,86	0,74	0,53	0,12	22,31
CTC (t) ***	2,76	4,47	7,61	1,19	1,41	0,66	-0,67	26,51
CTC (T)***	4,31	6,83	13,84	2,24	5,01	1,23	0,31	32,76
V (%)	24,04	59,68	79,25	14,00	196,12	-0,69	-0,69	23,47
m (%)	0,35	11,35	51,69	14,80	218,92	1,17	-0,09	130,38

*valores em mg L⁻¹; **valores em mg dm⁻³; ***valores em Cmolc dm⁻³. Em que: Al³⁺: Alumínio trocável; Ca²⁺: Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K⁺: Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio; Mg²⁺: Magnésio trocável; P: fósforo; P-rem: Fósforo remanescente; SB: Soma de Bases e V(%): Saturação por bases.

De acordo com a Tabela 45, observa-se, pelo valor máximo (6,86), que o pH do solo, em parte da área de pivô 09, está acima do que é recomendável para a agricultura. Houve dependência espacial e o modelo que melhor se ajustou foi o esférico, a dependência espacial foi alta ($C_0/C_0 + C = 0,08$) e o valor de r^2 foi de 0,728. De acordo com o mapa de distribuição espacial (Figura 114), parte da área em questão encontrou-se com valores de pH acima do recomendado (parte da área em verde escuro) sendo que nas demais áreas, os valores de pH encontraram-se adequados para a agricultura de acordo com a CFSEMG (1999). A partir dos resultados, constatou-se ainda que a curva gerada a partir dos dados é assimétrica negativa fraca e que a mesma é leptocúrtica.

Os valores em módulo de assimetria indicam assimetria fraca para P-rem, moderada para Ca²⁺, Mg²⁺, SB, CTC (t), e V (%) enquanto os valores de assimetria para P, K⁺, Al³⁺,

H + Al, CTC (T) e m (%) indicam assimetria forte. Quanto aos resultados de curtose gerados pelos dados, observa-se que P-rem, SB, CTC (t), V (%) e m (%) apresentaram curvas leptocúrticas enquanto os demais atributos avaliados apresentaram curvas platicúrticas.

Quanto ao coeficiente de variação constatou-se que o mesmo alto para P-rem, Ca²⁺, Mg²⁺, SB, CTC (t) e V (%) e muito alto para os demais atributos químicos em estudo.

O alumínio trocável (Al³⁺) apresentou valores baixos praticamente em toda a área, sendo que, na maior parte da área, o alumínio trocável apresentou valores inferiores a 0,5 Cmolc dm⁻³ com uma área central onde valores mais altos são encontrados (áreas em verde e azul escuro). Para saturação por alumínio o mesmo efeito foi observado.

Nas Tabelas 114 a 125 são apresentados os semivariogramas ajustados e os mapas de distribuição espacial por krigagem para os atributos químicos do solo que apresentaram dependência espacial.

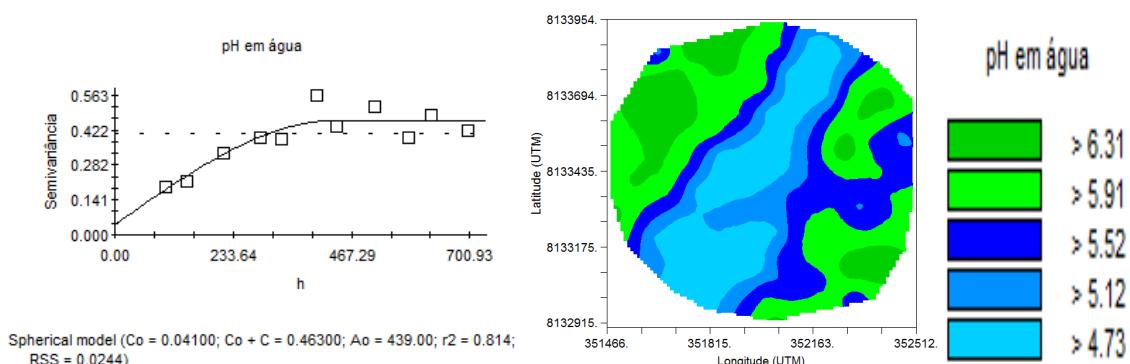


FIGURA 114. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para pH em água na área de pivô 09.

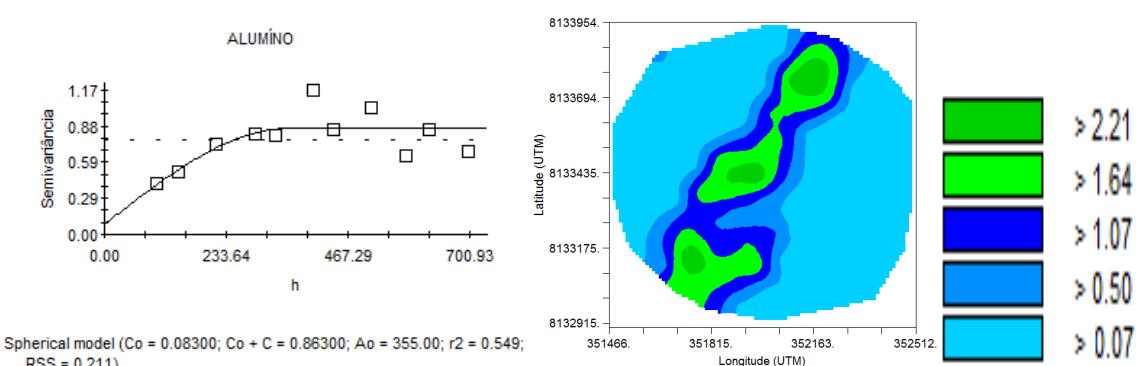


FIGURA 115. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para alumínio (Al³⁺) na área de pivô 09.

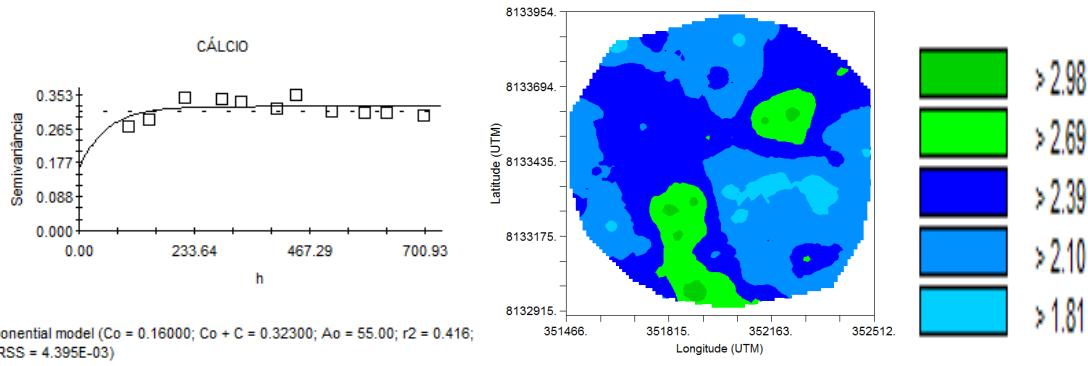


FIGURA 116. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para cálcio (Ca²⁺) na área de pivô 09.

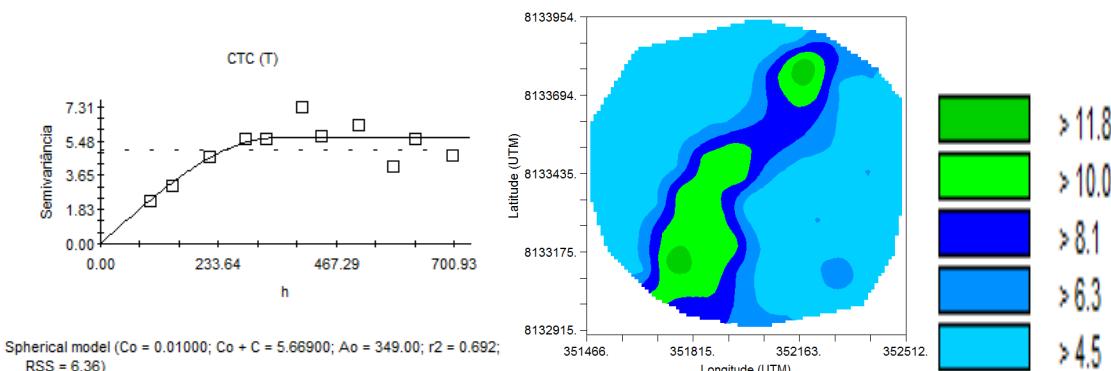


FIGURA 117. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (T) na área de pivô 09.

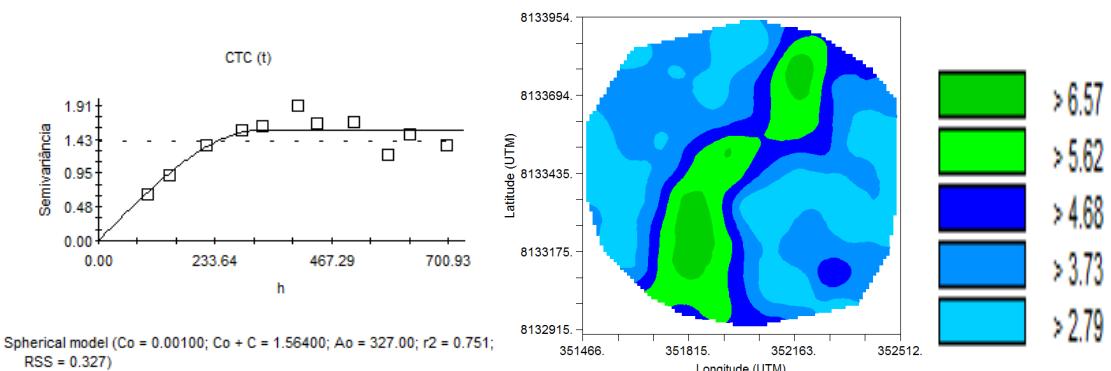


FIGURA 118. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para CTC (t) na área de pivô 09.

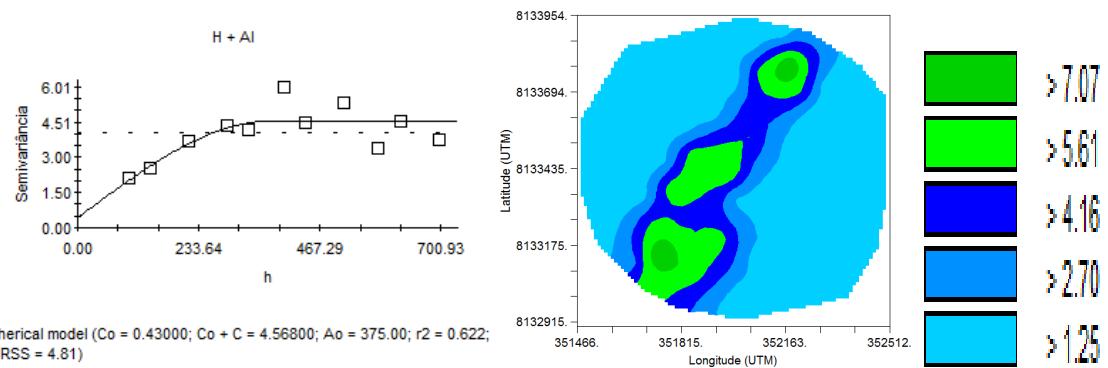


FIGURA 119. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para acidez potencial (H + Al) na área de pivô 09.

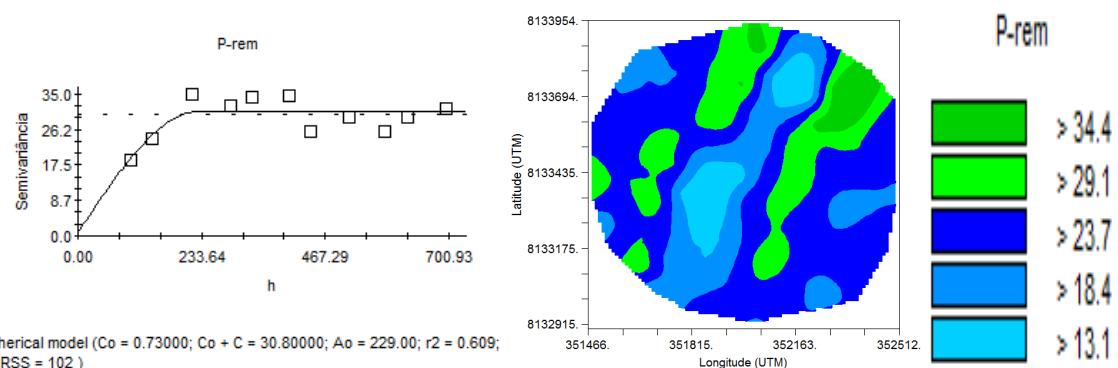


FIGURA 120. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para fósforo remanescente (P-rem) na área de pivô 09.

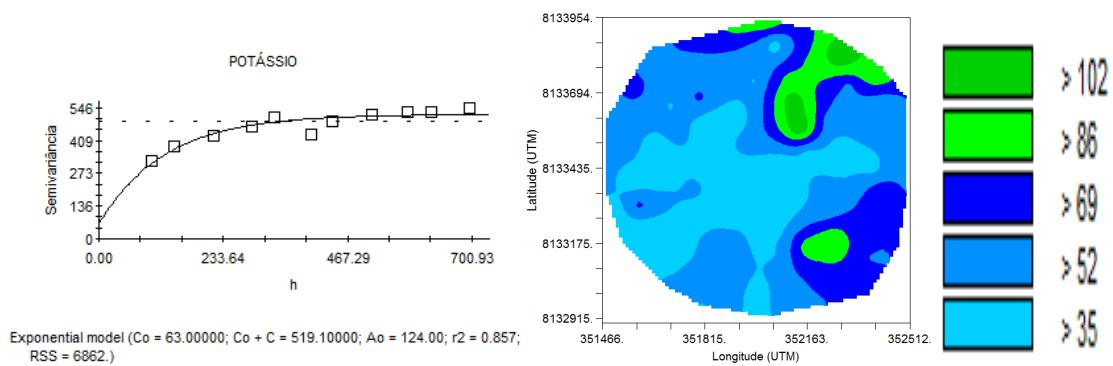


FIGURA 121. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para potássio (K⁺) na área de pivô 09.

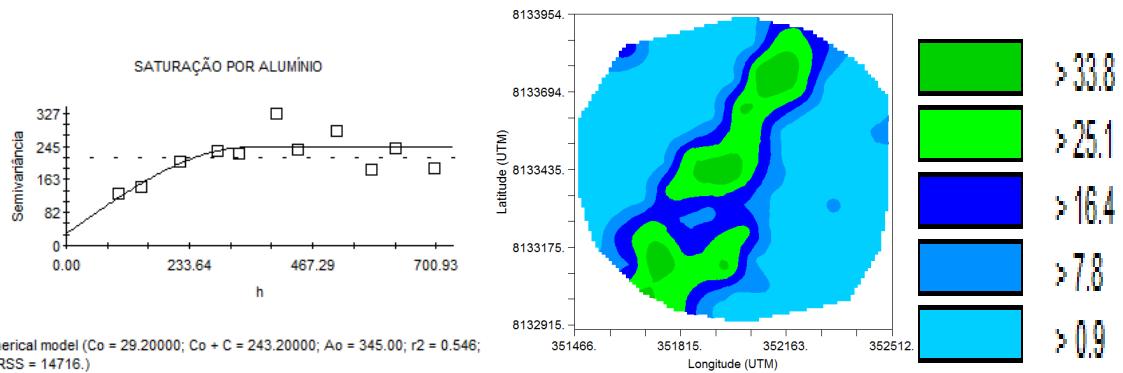


FIGURA 122. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por alumínio (m %) na área de pivô 09.

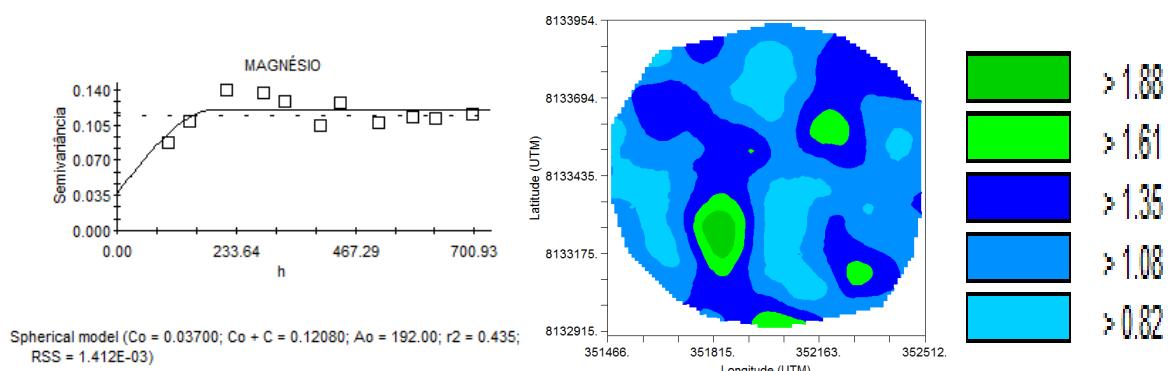


FIGURA 123. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para magnésio (Mg^{2+}) na área de pivô 09.

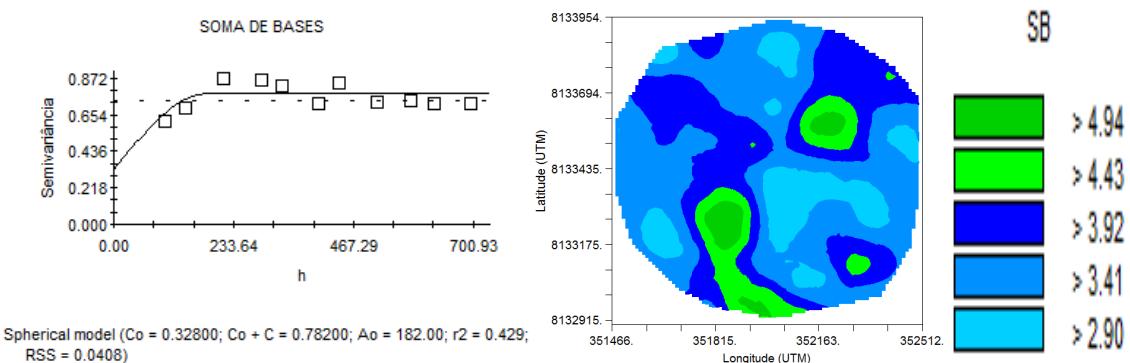


FIGURA 124. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para soma de bases (SB) na área de pivô 09.

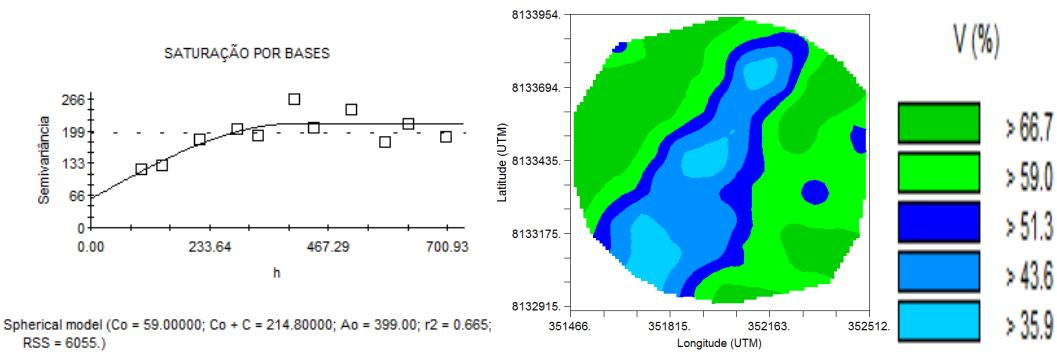


FIGURA 125. Semivariograma ajustado e mapa de distribuição espacial por krigagem para saturação por bases (V (%)) na área de pivô 09.

Os valores médios de CTC (T), CTC (t), Mg^{2+} , Ca^{2+} , H + Al, P, P-rem, K^+ , SB e V (%) apresentados na Tabela 45 foram adequados de acordo com recomendações da CFSEMG (1999). No entanto, os locais com maior CTC apresentaram maiores valores de Al^{3+} , m (%) e H + Al, indicando necessidade de correção de acidez do solo. Nesses locais m (%) alcançou valores superiores a 25,1 %, ou seja, valores extremamente altos.

Como pode ser visualizado na Tabela 46, o modelo que se ajustou para pH em água, Al^{3+} , CTC (T), CTC (t), H + Al, m (%) e Mg^{2+} foi o esférico e para Ca^{2+} e K^+ foi o exponencial.

TABELA 46. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para atributos químicos do solo, na área de pivô 09, quando houve dependência espacial

Atributo	C_0	C_0+C	$C_0/C_0 + C$	Dependência espacial	r^2	RSS	Modelo
pH em água	0,041	0,463	0,09	Forte	0,8140	0,0244	Esférico
Al^{3+}	0,083	0,863	0,10	Forte	0,5490	0,211	Esférico
Ca^{2+}	0,160	0,323	0,50	Moderada	0,4160	$4,395 \cdot 10^{-3}$	Exponencial
CTC (T)	0,010	5,669	0,002	Forte	0,6920	6,36	Esférico
CTC (t)	0,001	1,564	0,001	Forte	0,7510	0,327	Esférico
H + Al	0,430	4,568	0,09	Forte	0,6220	4,810	Esférico
K^+	63,000	519,100	0,12	Forte	0,8570	6862	Exponencial
m (%)	29,200	243,200	0,12	Forte	0,5460	14716,000	Esférico
Mg^{2+}	0,037	0,121	0,31	Moderada	0,4350	$1,412 \cdot 10^{-3}$	Esférico

Em que: Al^{3+} : Alumínio trocável; Ca^{2+} : Cálcio trocável; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t): Capacidade de Troca catiônica efetiva; H + Al: acidez potencial; K^+ : Potássio trocável; m (%): saturação por alumínio e Mg^{2+} : Magnésio trocável.

Com relação ao fósforo, observou-se, no ajuste de semivariograma, independência espacial (efeito pepita puro), como mostra a Figura 126 a seguir.

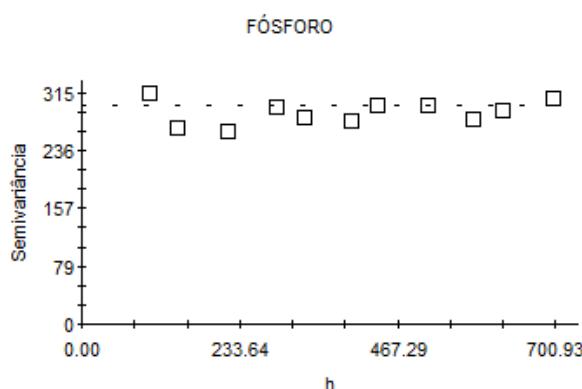


FIGURA 126. Semivariograma ajustado indicando independência espacial para fósforo (P) na área de pivô 09.

Com relação a teores de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica no solo, na área de pivô 09, os resultados encontrados são apresentados na Tabela 47.

TABELA 47. Resultados de boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre e matéria orgânica a partir de análise de solo para 9 pontos distribuídos na área de pivô 09

Amostra	Matéria Orgânica	B	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	S
	dag Kg ⁻¹	mg dm ⁻³					
1	1,18	0,20	1,20	58,20	26,30	5,20	13,20
11	0,86	0,38	1,30	272,40	8,70	4,90	10,94
22	1,29	0,30	1,00	40,50	24,00	4,10	16,60
33	1,24	0,45	1,10	33,60	38,20	11,50	10,75
44	1,07	0,13	1,10	45,10	16,70	2,90	13,20
54	1,58	0,40	1,40	66,60	36,00	3,70	23,58
64	1,41	0,16	1,00	43,30	16,20	3,40	22,64
74	1,75	0,23	1,20	53,70	37,40	3,70	23,02
88	1,29	0,30	1,00	45,10	25,70	2,90	22,83
Média	1,30	0,28	1,14	73,17	25,47	4,70	17,42
CV (%)	20,34	39,42	12,44	103,01	40,77	56,82	32,00

Em que: CV(%): Coeficiente de variação; B⁺: Boro; Cu²⁺: Cobre; Fe²⁺: Ferro; Mn²⁺: Manganês; Zn²⁺: Zinco e S: Enxofre.

De acordo com a Tabela 47, constatou-se no solo, na área de pivô 09, que os níveis de boro encontrados foram baixos, que os de ferro, manganês e zinco foram altos e que os

de cobre estão dentro dos níveis adequados. Quanto aos níveis de enxofre no solo, observou-se que os valores, considerando valores médios de P-rem na área, se encontraram muito bons na profundidade de 0 - 20 cm. Quanto à matéria orgânica, os teores encontrados foram baixos.

4.5 Avaliação geral dos resultados

Na análise de populações de nematoides, vários fatores, físicos, químicos e biológicos atuam conjuntamente sendo a avaliação de todos eles importante para entender a dinâmica populacional de nematoides em determinada área. Nas nove áreas de pivô central analisadas, da fazenda Rio Preto, foram encontradas populações baixas de nematoides. No entanto, é possível visualizar alguns fatores que foram imprescindíveis no entendimento de como essas populações se distribuem ao longo da propriedade.

Quanto à população de bacteriófagos que predominou em várias áreas, com distribuição nem sempre localizada, observou-se forte interferência do manejo de adubação que proporcionou valores de pH mais elevados e, portanto, mais adequados ao desenvolvimento de bactérias.

A análise textural, mostrou-se importante fator a ser considerado no projeto de agricultura de precisão adotado na área pela grande oscilação de teores de argila, o que proporciona diferenças na adsorção de nutrientes, visualizada inclusive nos mapas de distribuição espacial de CTC do solo nas diferentes áreas de pivô central estudadas. Considerar valores de argila constantes para grandes áreas, além de gerar dúvidas na recomendação de nutrientes que se baseiam muitas vezes no teor de argila do solo, como é o caso de fósforo, pode provocar distorções no manejo de aplicação de adubos. Um exemplo da necessidade de se conhecer os teores de argila encontra-se na definição da necessidade de aplicação de nutrientes em dose única ou parcelada para evitar lixiviação. Se houverem diferenças no teor de argila, não consideradas pelo produtor, podem ocorrer quedas de produtividade difíceis de serem mensuradas considerando um planejamento para otimização do sistema produtivo proporcionado pela agricultura de precisão.

Embora sejam notáveis essas diferenças, percebe-se que os valores de argila tendem a ser muito próximos em vários locais distribuídos na propriedade o que pode ser evidenciado pelos semivariogramas ajustados que apresentaram tendência para a maior parte das áreas em estudo.

A análise química das nove áreas de pivô da propriedade Rio Preto demonstrou que a aplicação da agricultura de precisão, aliada a valores bons de CTC, evidenciados inclusive a partir dos teores de argila, que foram na grande maioria acima de 30 %, proporcionou bons valores para todos os atributos químicos do solo indicativos de fertilidade. Dessa forma, levando-se em consideração a exigência nutricional da soja, principal cultura cultivada na propriedade, poucas correções devem ser feitas para garantir boas produtividades em anos subsequentes. Isso também é válido para as outras culturas que são utilizadas em rotação como é o caso de milho e milheto.

No entanto, vale ressaltar, que as exigências nutricionais específicas de cada cultura e a extração de nutrientes devem ser levadas em consideração no manejo de adubação. Quanto à acidez trocável do solo, a mesma deve ser corrigida, onde detectada, de forma a evitar toxidez por alumínio interferindo na produção, principalmente na área de pivô 09 onde foi observada a maior média de saturação por alumínio.

Observou-se que o pH em água em muitos locais das nove áreas apresentou valores acima dos ideais chegando, em alguns casos, a superar o pH neutro (7,0). Isso pode ter ocorrido por aplicação de calcário recente feita para profundidade maior que 20 cm que se concentrou na faixa de 0 - 20 cm ou por aplicação de calcário acima da recomendação necessária. Vale ressaltar que valores de pH altos podem ser mais prejudiciais para a agricultura que valores de pH baixo sendo que o ideal é que seja mantido em uma faixa adequada para a agricultura de 6,0 a 6,5, admitindo-se valores até 5,5 de acordo com o manual de fertilidade consultado.

Com a utilização da agricultura de precisão, os valores encontrados para os principais atributos químicos, associados a teores de argila mais altos, proporcionaram adequação da área à produção agrícola com boas produtividades. Por outro lado, a boa fertilidade do solo favoreceu populações de nematoides bacteriófagos que, juntamente com os parasitos de plantas, constituíram os grupos tróficos mais abundantes na área. Como comentado anteriormente, a predominância de bacteriófagos está associada a valores de pH mais elevados constatados em vários locais ao longo da propriedade que favorecem desenvolvimento de bactérias. Já a de parasitos de plantas está associada a subsequentes monocultivos anuais que tendem a favorecer o aumento dessas populações.

Daí a importância da rotação de culturas, medida de controle já adotada na propriedade para reduzir o inóculo de fitonematoídes na área. Contudo, a utilização de poucas culturas em rotação, como o milho e o milheto, por exemplo, tem selecionado outras espécies de fitonematoídes de importância para essas culturas como é o caso de

Pratylenchus zae em algumas áreas de pivô ou até mesmo aumentado o inóculo de fitonematoídes de importância primária para a soja como é o caso de *Pratylenchus brachyurus*, principal fitonematoíde problema para a cultura da soja.

A modelagem geoestatística para teor de argila apresentou tendência nos dados. No entanto, como o semivariograma ajustado dos resíduos não apresentou efeito pepita puro, constatou-se que a superfície de tendência não é a melhor representação espacial da variável, sendo necessária a utilização de regressão múltipla para ajuste das superfícies de tendência. A exceção foi a área de pivô 05 onde houve tendência nos dados a partir dos dados originais e independência espacial no ajuste de semivariograma a partir dos resíduos. A tendência nos dados também foi observada para P-rem no pivô 07, V (%), SB, P-rem, Mg²⁺, CTC (T) e CTC (t) na área de pivô 05, P-rem na área de pivô 04, H + Al e pH em água na área de pivô 03 e CTC (T), CTC (t) e P-rem na área de pivô 02. Diferente do que ocorreu com os dados de teor de argila, ao se analisar os semivariogramas ajustados a partir dos resíduos, obteve-se efeito pepita puro, indicando que a tendência é a melhor representação espacial da variável.

O efeito pepita puro foi encontrado para H + Al, Al³⁺, P, SB e V (%) na área de pivô 02; K⁺, m (%), P e V (%) na área de pivô 03; Al³⁺, K⁺, m (%) e P na área de pivô 04; fósforo na área de pivô 06; Al³⁺ e m (%) na área de pivô 07; Al³⁺, Ca²⁺, CTC (T), CTC (t), K⁺, m (%), Mg²⁺, SB e V (%) na área de pivô 08 e fósforo (P) na área de pivô 09. Conclui-se, portanto, que a distribuição espacial desses atributos, nestas áreas, é aleatória e as amostras, para a malha amostrada, são independentes. Dessa forma, a dependência espacial, se existir, será manifesta à distância menor do que o menor espaçamento entre amostras utilizado.

Na área de pivô 05 para Al³⁺, Ca²⁺, H + Al, K⁺, m (%) e P observaram-se independência espacial e inadequação dos dados ao ajuste a qualquer modelo. Provavelmente, isso ocorreu em função do número bem menor de amostras coletadas (30 amostras). De acordo com Guimarães (2004), alguns autores recomendam que sejam utilizados pelo menos 100 pontos amostrais, entretanto, isso é apenas uma recomendação sendo que existem bons resultados de ajuste de semivariogramas usando 45 pontos. O que acontece é que quanto maior o número de pontos, maior será o número de pares para o cálculo das semivariâncias e, teoricamente, maior será a precisão das estimativas das semivariâncias.

No ajuste de semivariogramas predominaram os modelos esférico e exponencial para os atributos químicos do solo e para nematoídes o modelo exponencial. Quanto ao

teor de argila, devido ao efeito de tendência não foi possível identificar um modelo predominante.

5 CONCLUSÕES

A partir do trabalho realizado, conclui-se que:

- i) Na área de estudo ocorreram nematoides em níveis relativamente baixos com predominância de PP e B. Os níveis baixos (poucas amostras com nematoides) podem estar associados à época de amostragem, à interferência de fungos nematófagos no solo, ao manejo do solo com agricultura de precisão e à rotação de culturas.
- ii) A maioria dos semivariogramas apresentaram estrutura de dependência fraca ou ausente, principalmente para os nematoides, e este fato pode estar relacionado às condições e tipos de manejo utilizados na área.
- iii) Não foi possível verificar relações espaciais entre os atributos químicos do solo, a argila e as populações de nematoides em função da amplitude de variação de argila na área ter sido relativamente baixa e as condições químicas do solo consideradas adequadas para a cultura da soja.
- iv) O uso da técnica de análise geoestatística para dados de doenças de plantas, atributos químicos e físicos do solo e a interpretação conjunta desses fatores, apresentam grande potencial de utilização na agricultura de precisão. Esta técnica contribui no entendimento do comportamento espacial de fatores físicos, químicos e biológicos que interagem com a produção da soja, podendo direcionar manejos mais eficientes para a cultura.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.C. POZZA et al. Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum* spp. transmitidos por Sementes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 557-563. 2006.

ALMEIDA, F.A. et al. Distribuição Espacial de *Phytophthora nicotianae* e reação de cultivares de cebola ao fungo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.37, n.1, p.13-17, 2011.

ALVARENGA, C. C. et al. Continuidade Espacial da Condutividade Hidráulica Saturada do Solo na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1745-1757. 2011.

ASMUS, G. L. Ocorrência de Nematoides Fitoparasitos em Algodoeiro no Estado de Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v.28, n.1, p. 77-86, 2004.

ARIEIRA, G. O. **Diversidade de Nematoides em Sistemas de Culturas e Manejo do solo**. 2012. 98 f., Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

BOTTEGA, E. L. et al. Variabilidade Espacial de Atributos do Solo em Sistema de Semeadura Direta com Rotação de Culturas no Cerrado Brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n.1, p. 1-9. 2013.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação Espectrofotométrica de Fósforo em Extratos de Solos e Plantas, **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.113, p.73-85, 1974.

BRITO, L. F. et al. Spatial Variability of Soil CO₂ Emission in Different Topographic Positions. **Bragantia**, Campinas - SP, v.69, p. 19-27. 2010.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford University Press. New York, 1998. 333 p.

CAMPOS, V.P.; VILLAIN, L. Nematode parasites of coffee, cocoa and tea. In: LUC, M.; SIKORA, R.A.; BRIDGE, J. Plant Parasitic Nematodes in Tropical and Subtropical Agriculture. **Wallingford, UK: CAB INTERNATIONAL**. p. 529-579, 2005.

CAMPOS, M. C. C. et al. Variabilidade Espacial da Textura de Solos de Diferentes Materiais de Origem em Pereira Barreto, SP1. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n.2, p.149-157. 2007.

CAMPOS, M. C. C. et al. Variabilidade Espacial da Resistência do Solo à Penetração e Umidade em Áreas Cultivadas com Mandioca na Região de Humaitá, AM. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v.6, n.1, p. 09-16. 2012.

CARDOSO, M. A. **Relações entre a Nematofauna e o Grau de Compactação do Solo em Área Cultivada com Cana-de-Açúcar e em Remanescente de Floresta Atlântica**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 2010.

CARVALHO, E. A. **Modelagem Geoestatística de Distribuição Espacial de Doenças do Feijoeiro Comum e da Soja e sua Relação com a Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas**. 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, 2008.

CARVALHO, S. R. L.; VILAS BOAS, G. S. FADIGAS, F. S. Variabilidade Espacial de Atributos físicos e Químicos em Solos Originados nos Sedimentos da Formação Barreiras. **Caderno de Geociências** - UFBA, v. 7, n.2, p. 63-79, 2010.

CAVALCANTE, E. G. S. et al. Variabilidade Espacial de Atributos Físicos do Solo sob Diferentes Usos e Manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 15, n.3, p.237-243, 2011.

CHIBA, M. K. et al. Alterations and Spatial Variability of Soil Fertility in Successive Years Under no Tillage System. **Bragantia**, Campinas, v. 69, Suplemento, p. 29-38. 2010.

CORÁ, J. E.; BERALDO, J. M. G., Variabilidade Espacial de Atributos do Solo antes e após calagem e Fosfatagem em Doses Variadas na Cultura da Cana-de-açúcar, **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.374-387, 2006.

DEBIASI, H. et al. Atributos Químicos de Solo Relacionados à População e Danos do Nematoide das Lesões Radiculares em Soja. REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL - SÃO PEDRO, SP. São Pedro - SP, p. 310-312. 2011.

DELLA JUSTINA, D.; MERCANTE, E.; OPAZO, M. U. Caracterização da Variabilidade Espacial da Necessidade de Calcário para Aplicação à Taxa Variada em uma Área Agrícola Comercial. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.3, n.3. 2010.

DINARDO-MIRANDA, L. L. et al. Uso da Geoestatística na Avaliação da Distribuição Espacial de *Mahanarva fimbriolata* em Cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.3. p. 449-455, 2007.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2.ed., Rio de Janeiro. 1997. 212 p.

EMBRAPA SOJA. Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil. 2007.
Londrina. PR. 2006. 239p.

EMBRAPA CERRADOS. Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Agropecuária Oeste. 2010, 255p., n. 14, 2010.

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2014.
Londrina: Embrapa Soja, 2013, 268 p. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja), n. 16.
2013.

FARIAS, C. H. et al. Crescimento do Sistema Radicular de Cana-de-açúcar Submetida a Lâminas de Irrigação: Modelo Geoespacial e Influências na Produtividade da Cultura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.4, n.4, p. 186-196, 2010.

FARIAS, P. R. S. et al. Spatial Analysis of the Distribution of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and Losses in Maize Crop Productivity Using Geoestatistics. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 3, p. 321-327, 2008.

FIGUEIRA, F. F.; BERBARA, R. L. L.; PIMENTEL, J. P. Estrutura da População de Nematoides do Solo em uma Unidade de Produção Agroecológica no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 223-229, 2011.

GALRÃO, E.Z. Correção da Deficiência de Micronutrientes em Solos de Cerrado para Culturas Anuais. Planaltina, Embrapa Cerrados. **Guia Técnico do Produtor Rural**, 1999. 2p.

GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004, **GS+**: Geostatistics for the Environmental Sciences, Gamma Design Software, Plainwell, Michigan, USA, 2004.

GODFREY, G. H. A destructive root disease of pineapples and other plants due to *Tylenchus brachyurus* n.sp., **Phytopathology**, Saint Paul, v. 19, p. 611-629, 1929.

GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MATA, J. D. V. Análises Exploratória e Geoestatística da Variabilidade de Propriedades Físicas de um Argissolo Vermelho. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n.5, p. 1149-1157.

GONÇALVES, M. G. et al. Geoestatistical Contribution to Experimental Planning of Pasture Located in the Agro Ecological Integrated System of Production. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, Seropédica, RJ: EDUR, v. 25, n.1, p. 01-05, 2005.

GOMES, N. M. et al. Métodos de Ajuste e Modelos de Semivariogramas Aplicados ao Estudo da Variabilidade Espacial de Atributos Físico-Hídricos do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 435-443, 2007.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R.; LOURENÇÂO, A. L. Spacial Distribution of Pseudaeletia sequax Franclemont in Triticale Under No-Till Management . **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 6, n.4, p. 321-327, 2006.

GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística Básica e Aplicada**. Universidade Federal de Uberlândia, v.1, 2004. p.78.

GUIMARÃES, R. M. L. et al. Variabilidade Espacial de Propriedades Físico-Hídricas de um nitossolo sob a cultura do feijoeiro irrigado, **Eng, Agríc.**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.657-669, 2010.

HUTCHINSON, C.M. et al. Evaluation of Methyl Iodide as a Soil Fumigant for Root-knot Nematode Control in Carrot Production. **Plant Disease**, v. 83, p. 33-36, 1999.

JENKINS, W.R. **A Rapid Centrifugal- Flotation Technique for Extracting Nematodes from Soil**. Plant Disease Report, p. 48-692, 1964.

JOHANN, J. A. et al. Variabilidade Espacial da Rentabilidade, Perdas na Colheita e Produtividade do Feijoeiro. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.700-714, 2010.

LEAL, R. M. et al. Distribuição Espacial de *Huanglongbing (greening)* em Citros Utilizando a Geoestatística. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v.32, n.3, p. 808-818, 2010.

LIMA, E. A. **Espécies para Cobertura de Solo e seus Efeitos Sobre a Vegetação Espontânea e Rendimento da Soja em Plantio Direto, em Campos dos Goytacazes - RJ**. 2002. 62 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2002.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. Amostragem e Variabilidade Espacial de Atributos Químicos do Solo em Área de Vegetação Natural em Regeneração. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 127-136, 2010.

LONG, R. M. et al. Análise Geoestatística da Granulometria do Solo como Suporte na Montagem de Biblioteca Espectral em Área de Pastagem. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2013, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: IAC, 2013. p. 1-8.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das Planta Cultivadas**, São Paulo, Nobel, 1981.

LEANDRO, H. M. **Manejo de *Rotylenchulus reniformis* em Sistema Integrado de Produção de Soja**. 2012. 21 f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) - Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. 2012.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo:

Agronômica Ceres, 1980, 251 p.

MATOS, D. S. S. et al. Relações entre a Nematofauna e Atributos Químicos de Solo com Vinhaça. **Nematropica**, v.41, p. 23-38, 2011.

MEDEIROS, H. A. et al. Estrutura Trófica e Composição da Nematofauna em um Ecossistema Costeiro de Dunas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.2, p. 102-112, 2008.

MELLO, J. M. et al. Ajuste e Seleção de Modelos Espaciais de Semivariograma Visando a Estimativa Volumétrica de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, n. 69, p. 25-37, 2005.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N. Indicadores da Qualidade do Solo. **Informe agropecuário**, v.29, p.17-29, 2008.

MOTOMIYA, A. V. A. et al. Spacial Variability of Soil Properties and Cotton Yield in the Brasilian Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.10, p.996-1003, 2011.

NEMATOLOGIA BRASIL. Grupos Tróficos de Nematoides no Solo. 2014. Disponível em:< <http://nematobrasil.blogspot.com.br/search/label/Cadeia%20tr%C3%B3fica>>. Acesso em: 8 março de 2014.

NICOLELLA, G. et al. Geoestatistics as a Basic to the CMLS Pesticide Simulation Model with Validation in Soil Columns. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v.62, n.1, p.50-56, 2005.

OLIVEIRA, A. et al. Geoestatística Aplicada aos Atributos Físicos e Químicos do Solo Relacionados com a Produção da Cultura da Soja. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 5., 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011. p. 1-8.

OLIVEIRA JUNIOR J. C. **Variabilidade Espacial de Atributos Físicos, Químicos e Mineralógicos de Solos da Formação Guabirotuba**. 2011. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo-Pedologia e Manejo do Solo - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PEREIRA, D. P. et al. Distribuição Espacial de Atributos Químicos do Solo para Implantação de um Povoamento de eucalipto. **Anais... SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**, 2, 2011.

PERIN, A. et al. . Produção de Fitomassa, Acúmulo de Nutrientes e Fixação Biológica de Nitrogênio por Adubos Verdes em Cultivo Isolado e Consorciado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.1, p.35-40, 2004

PIMETEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477 p.

PIPOLO, V. C. Fontes de Resistência ao Nematoide Reniforme *Rotylenchulus reniformis* Lindorf e Oliveira, 1994. **Semina: Ci. Agr.**, Londrina, v.15, n.1, p. 100-104, 1994.

PROFERT MG. **MANUAL DO LABORATORISTA**. 2005. 33 p. Disponível em: <<http://www.profertmg.com.br/secao.htm?idSecao=47>> . Acesso em: 20 fev. 2014.

QUEIROZ, J.E.; CRUCIANI, D.E.; LIBARDI, P.L. Variabilidade Espacial da Porosidade Drenável de um Solo de Várzea, no Município de Piracicaba, Estado de São Paulo. R. Bras. **Eng. Agríc. Amb.**, v.3, p.135-139, 1999.

RAMOS, Y. S. Erosão Laminar, Atributos Físico-químicos do solo e estrutura trófica da nematofauna em áreas do reservatório da usina hidrelétrica Luiz Gonzaga. 2009. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo) - Faculdade Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V. H. **Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais: 5 aproximação**, Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - UFV, 1999, 359 p.

RIBEIRO JÚNIOR, P. J. et al. Spacial Pattern Detection Modeling of Thrips (*Thrips tabaci*) on Onion Fields. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v.66, n.1, p.90-99, 2009.

RIFFEL C. T. et al. Densidade Amostral Aplicada ao Monitoramento Georreferenciado de Lagartas Desfolhadoras na cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.12, p.2112-2119, 2012.

ROBERTO, S.R., FARIAS, P.R.S.; BERGAMIN FILHO, A. Geostatistical Analysis of Spatial Dynamics of Citrus Variegated Chlorosis. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.27, p. 599-604, 2002.

ROCHA, M. R. et al. Efeito da Textura do Solo sobre a População de *Heterodera glycines*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v.30, n.1, p.11-15, 2006.

RODRIGUES M. S.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Spatial Relationships Between Soil Attributes and Corn Yield in No-Tillage System. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.599-609, 2012.

ROMAN, M. et al. Variabilidade Espacial do Número Médio de Perfilhos e Rendimento da Cultura do Trigo. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.361-370, 2008.

ROSA JUNIOR O. F. **Efeito Isolado e Combinado de *Pratylenchus brachyurus* e *Fusarium verticillioides* no Desenvolvimento de Dois Híbridos de Milho.** 2010. 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

SANTOS, M.A. dos, FERRAZ, S.; MICHOVEJ, J.J. Detection and ecology of nematophagous fungi from Brazilian soils. **Nematologia Brasileira**, v.15, p.121-134. 1991.

SANTOS, T. F. S. Metodologia de Avaliação a *Pratylenchus brachyurus* e Reação de Genótipos de Soja aos Nematoides das Galhas e das Lesões. 2012. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Mato Grosso, 2012.

SALGADO, S.M.L., RESENDE, M.L.V.; CAMPOS, V.P. Reprodução de *Meloidogyne exigua* em Cultivares de Cafeeiros Resistentes e Suscetíveis. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.30, p.413-415. 2005.

SCARPARI, M. S.; BEAUCLAIR, E. G. F. Variação Espaço-temporal do Índice de Área Foliar e do Brix em Cana-de-açucar. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.35-41, 2008.

SCIVITTARO, W. B. et al. Utilização de Nitrogênio de Adubos Verde e Mineral pelo Milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p.917-926, 2000.

SHING et al. Aplicação de Métodos Geoestatísticos na Determinação da Variabilidade Espacial do Teor de Argila. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. Soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2012. p 1-4.

SILVA, R. H.; ROsolem, C. A. Crescimento Radicular de Espécies Utilizadas como Cobertura Decorrente da Compactação do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 253-260, 2001.

SILVA, S. A.; SOUZA LIMA, J. S. Lógica Fuzzy no Mapeamento de Variáveis Indicadoras de Fertilidade do Solo. **Idesia**, Chile, v.27, n.3, p.41-46, 2009.

SILVA, A. F.; LIMA, J. S. S.; OLIVEIRA, R. B. Geoestatística no Estudo do Carbono Orgânico Total e Solúvel em Água sob Manejo Orgânico do Solo. In: SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 1., Botucatu - SP. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2009 a. p. 1-4.

SILVA, A. F.; LIMA, J. S. S.; OLIVEIRA, R. B. Variabilidade Espacial da Granulometria de um Latossolo Vermelho Amarelo Cultivado sob Diferentes Manejos. In: SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 1., Botucatu - SP. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2009 b. p. 1-5.

SILVA, A. F.; SOUZA LIMA, J. S.; OLIVEIRA, R. B. Métodos de Interpolação para Estimar o pH em Solo sob Dois Manejos de Café Arábica. **Idesia**, Chile, v.28, n.2, p. 61-66, 2010.

SILVA, S. A.; LIMA J. S. S. Avaliação da Variabilidade do Estado Nutricional e Produtividade de Café por Meio da Análise de Componentes Principais e Geoestatística. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.2, p. 271-277, 2012.

SILVA JÚNIOR, J. F. et al. Simulação Geoestatística na Caracterização Espacial de Óxidos de Ferro em Diferentes Pedoformas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.1690-1703, 2012.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Correção do Solo e Adubação da Cultura da Soja**. Planaltina, EMBRAPA Cerrados, 1996. 30p.

SOUZA, Z. M. et al. Influência da Variabilidade Espacial de Atributos Químicos de um Latossolo na Aplicação de Insumos para Cultura de Cana-de-açúcar. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 371-377, 2007.

TEIXERA, D. B. et al. Comparação entre Métodos de Interpolação na Determinação de Propriedades Químicas de um Latossolo. In: SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 1., Botucatu - SP. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2009. p. 1-4.

TORRES, G.R.C. et al. Aspectos ecológicos da comunidade de nematóides associada ao cultivo de *Cucumis melo* no Rio Grande do Norte. **Nematologia Agrícola**, v.30, n.1, p. 1-9, 2006.

TOMAZINI, M.D.; FERRAZ, L.C.C.B.; MONTEIRO, A.R., Estrutura Trófica e Índices de Maturidade de Comunidades de Nematóides em Áreas Contíguas de Vegetação Natural e Submetidas a Diferentes Tipos de Uso Agrícola. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba - SP, v.32, n.3, p.220-230, 2008.

VICENTE T. F. S. Estabilidade de Agregados e Relações de Atributos do Solo com a Nematofauna em Áreas de Cultivo de Cana-de-açúcar. 2011. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife - PE. 2011.

VIEIRA, S. R. et al. Geostatistical Theory and Application to Variability of Some Agronomical Properties. **Hilgardia**, v.31, n.3, 75 p. 1983.

VIEIRA, S. R., Variabilidade Espacial de Argila, Silte e Atributos Químicos em Parcels Experimental de um Latossolo Roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas - SP, v.56, n.1, p. 181-190, 1997.

WILLIAMSON, V. M.; GLEASON, C.A. **Plant–nematode interactions, Current Opinion in Plant Biology**, v. 6, p. 327– 333, 2003.

YEATES, G. W. et al. Feeding Habits in Soil Nematode Families and Genera - An Outline for Soil Ecologists. **Journal of Nematology**, v.25, n.3, p.315-331. 1993.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J. S. S.; COELHO, R. I.. Uso da Geoestatística na Probabilidade de Ocorrência do Mal-do-panamá em Bananeira Prata Anã. **Ver. Fac. Nat. Ag. Medellín**, v.62, p. 4793-4796. 2009.