

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**ESTUDO DE VARIABILIDADE ESPACIAL DA VEGETAÇÃO NO BANHADO
DO TAIM, RS**

SIMONE GONÇALVES TEIXEIRA GIOVANNINI

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Ph.D David da Motta Marques

Banca Examinadora

Prof. Dr. Sidinei Magela Thomaz

Dr. Walter Collischonn

Prof. Dr. Robin Thomas Clarke

Depto. de Biologia/UEM

IPH/UFRGS

IPH/UFRGS

Porto Alegre, março de 2004

Apresentação

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recurso Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do Prof. Ph.D David M. da Motta Marques da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a modalidade de *Doutorado Sanduíche* da CAPES, com parcial desenvolvimento na Universidade da Flórida (*University of Florida*), no Centro para Terras Úmidas (*Center for Wetlands*) daquela Instituição, sob a supervisão do Prof. Ph.D Thomas Crisman.

Agradecimentos

À CAPES, pela bolsa e suporte para realização de parte dos estudos na Universidade da Flórida, no *Center for Wetlands*;

Ao CNPq pela bolsa e suporte financeiro;

Ao PELD pelo financiamento dos estudos realizados no Banhado do Taim;

Ao IBAMA e, especificamente à equipe da ESEC Taim;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela oportunidade e privilégio de ser sua aluna;

Ao Prof. Ph.D David da Motta Marques, meu orientador, por todo suporte, respaldo, apoio, estímulo, boa vontade, paciência e conhecimento que disponibilizou;

Ao *Center for Wetlands* e especialmente ao Prof. Thomas Crisman pela oportunidade;

Aos colegas Dr. Cláudio Faulkenberg e Dr. Luciana Cardoso pelo convívio, amizade e aconselhamento técnico;

Aos Professores do IPH, em especial ao Alfonso Risso, Marcus Leão, e Lawson Beltrame, pelos ensinamentos e disponibilização de materiais e equipamentos necessários ao trabalho;

Ao colega Laurindo Guasseli pela inestimável ajuda;

Ao Prof. Dr. Bruno Irgang pelo grande auxílio e ensinamentos sobre banhados e macrófitas;

Aos funcionários do IPH e em especial a Nadir Bueno Solari;

Aos estagiários Vinicius e Eduardo, e auxiliares Paulo César dos Santos Silva e Leandro pelo auxílio nos trabalhos de campo;

Aos bolsistas de Iniciação Científica, Bolsistas do CNPq e FAPERGS, Leandro, Cristiane Martini, Gersa Ramos Caron, Vladimir Gemerasca Felício. pela dedicação e apoio aos trabalhos experimentais e de campo;

À minha família, Eduardo, Diana e Maria Vitória, pelo amor, a quem dedico este trabalho.

...”Thousands over thousands of data were compiled but no clear conclusion could be drawn and no result could be extrapolated to other minerals, which supports Albert Einstein’s statement: “a theory can be checked experimentally but there is no way to derive a theory from experiments”...

Pierre Gy, 2004

(50 years of sampling theory - a personal history)

Sumário

1 Introdução - objetivo e justificativa	18
<i>Objetivo</i>	<i>18</i>
<i>Justificativa.....</i>	<i>18</i>
2 Revisão Bibliográfica.....	22
<i>Modelos ecológicos.....</i>	<i>22</i>
<i>Estudos de longa duração e abordagem experimental de amostragem - a representatividade espacial da variação temporal.....</i>	<i>24</i>
<i>Importância de uma abordagem de escala.....</i>	<i>29</i>
<i>Abordagens de delineamento e abordagem de modelo em amostragem</i>	<i>34</i>
<i>Amostragem para modelagem de padrão em vegetação</i>	<i>38</i>
<i>O variograma.....</i>	<i>44</i>
3 Metodologias, Informações e Processos em Investigação.....	52
<i>Recursos.....</i>	<i>52</i>
<i>Tratamento das imagens.....</i>	<i>53</i>
<i>Elaboração de composições coloridas.....</i>	<i>53</i>
<i>Elaboração de classificações não supervisionadas.....</i>	<i>54</i>
<i>Elaboração de composições de NDVI.....</i>	<i>58</i>
<i>Classificações não supervisionadas da variável NDVI</i>	<i>61</i>
<i>Elaboração da Variografia.....</i>	<i>61</i>
<i>Local de Estudo</i>	<i>64</i>
4 Resultados e Discussão	66
<i>Caracterização da área de estudo - identificação de padrões na paisagem</i>	<i>66</i>
<i>Análise de semivariância da variável NDVI.....</i>	<i>94</i>
<i>Amostra Centro leste.....</i>	<i>97</i>
<i>Amostra Centro Oeste.....</i>	<i>103</i>
<i>Amostra Centro Total</i>	<i>104</i>
<i>Amostra Sul.....</i>	<i>105</i>
5 Conclusões e Recomendações.....	255
6 Referências Bibliográficas.....	257

Lista de Figuras

Figura 2.1. Ciclos de retro-alimentação envolvendo regime hídrico, vegetação e as características de sedimentação em um banhado hipotético. Fonte: GOSSELINK & TURNER (1977).....	24
Figura 2.2. Exemplo para ilustrar a inabilidade das medidas de agregação para acessar padrão espacial. Fonte: Fonte: YOUNG & YOUNG (1999).....	40
Figura 2.3. Formação de pares de píxeis para cálculo da semi-variância média de todos os pares para cada distância entre pontos. Fonte: CURRAN (1988).	46
Figura 2.4. Modelo clássico de semi-variograma teórico. Interpretação teórica de um variograma com um modelo assintótico mostrando a proporção de variância encontrada a distâncias crescentes entre pontos a serem comparados.....	49
Figura 2.5. Tipos básicos de variogramas. Fonte: CURRAN (1988).	50
Figura 2.6. Formas mais comuns de variogramas. Fonte: CURRAN (1988)	51
Figura 3.1. Ilustração de um bidimensional enfatizando sua natureza discreta. Fonte: RICHARD (1986). .	55
Figura 3.2. Definição das propriedades de cálculo do variograma.	63
Figura 3.3. Definição das propriedades de cálculo do variograma.	63
Figura 3.4. locais de amostragem para realização da variografia.	65
Figura 4.1. Foto aérea de 1975 da região do Banhado do Taim.....	66
Figura 4.2. Imagens composições coloridas das bandas 3, 4, e 5 (Landsat TM), ordenadas por nível d'água na Lagoa Mirim, da esquerda para a direita e de cima para baixo do nível mais alto para o nível mais baixo, respectivamente ago/00, out/03, set/99, jan/01, dez/95, mai/95, jul/87, jul/96, mar/97, fev/00 .	69
Figura 4.3. Classificação não supervisionada das bandas 3, 4, e 5 (Landsat TM) ordenadas por nível d'água no interior do Banhado, da esquerda para a direita e de cima para baixo do nível mais alto para o nível mais baixo, respectivamente out/03, ago/00, set/99, dez/95, jan/01, mai/95, jul,96, mar/97, fev/00, jul/87.....	70
Figura 4.4.A. Detalhe do crescimento do esporão de areia no Banhado do Taim. Fonte: BUCHMANN (1997).....	71
Figura 4.4.B. (Continuação) Detalhe do crescimento do crescimento do esporão de areia no Banhado do Taim. Fonte: BUCHMANN (1997).	72

Figura 4.4.C. Modelo de evolução Banhado do Taim. Fonte: BUCHMANN (1997).....	73
Figura 4.5 .A. Localização das Sondagens realizadas no Taim. Fonte: DNOS (1966).....	78
Figura 4.5.B. Localização das transecções para determinação da topografia no Banhado do Taim e localização da Taipa do Negreiros.....	79
Figura 4.5.C. Levantamento topográfica no interior do Banhado. Fonte: DNOS (1966).	80
Figura 4.5.D. Espessura da camada de Argila no Banhado do Taim. Fonte: DNOS (1966).....	81
Figura 4.5.E. Profundidade ao nível da areia Banhado do Taim. Fonte: (DNOS 1966).	82
Figura 4.5.F Espessura da camada turfosa no Banhado do Taim. Fonte: (DNOS 1966).	83
Figura 4.6. Modelo de curvas de nível do Banhado do Taim. Fonte: PAZ (2003).	84
Figura 4.7. Três possibilidades de escoamento no Banhado do Taim em função dos níveis d'água. Fonte: PAZ (2003).	91
Figura 4.8. Fisionomia da paisagem composta por comunidades e populações (mono-estandes) de <i>S.californicus</i> , <i>Z.bonariensis</i> e flutuantes na região centro norte do Banhado, acima do canal da Sarita e abaixo da Lagoa Jacaré. Foto tirada em 1995 por Eduardo Mediondo.	92
Figura 4.9. Fisionomia da paisagem composta por comunidades e populações (mono-estandes) de <i>S.californicus</i> , <i>Z.bonariensis</i> e flutuantes na região centro norte do Banhado, acima do canal da Sarita e abaixo da Lagoa Jacaré. Foto tirada em 1995 por Eduardo Mediondo.	92
Figura 4.10. Fisionomia da paisagem composta por comunidades e populações (mono-estandes) de <i>S.californicus</i> , <i>Z.bonariensis</i> e flutuantes na região centro oeste do Banhado, abaixo do canal da Sarita. Foto tirada em 1995 por Eduardo Mediondo.	93
Figura 4.11 Fisionomia da paisagem composta por comunidades e populações (mono-estandes) de <i>S.californicus</i> , <i>Z.bonariensis</i> e flutuantes na região sul do Banhado, próximo a interface com a Lagoa Mangueira. Foto tirada em 1995 por Eduardo Mediondo.	93
Figura 4.12 A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 06/07/87.....	111
Figura 4.12.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 06/07/87.	112
Figura 4.13.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 09/05/95.....	113
Figura 4.13.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 09/05/95..	114
Figura 4.14.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 19/12/95.....	115
Figura 4.14.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 19/12/95..	116
Figura 4.15.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 30/07/96.....	117
Figura 4.15.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 30/07/96..	118
Figura 4.16.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 04/03/97.....	119
Figura 4.16.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 04/03/97..	120
Figura 4.17.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 17/09/99.....	121
Figura 4.17.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 17/09/99..	122
Figura 4.18.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 24/02/00.....	123
Figura 4.18.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 24/02/00..	124

Figura 4.19.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 18/08/00.....	125
Figura 4.19.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 18/08/00..	126
Figura 4.20.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 28/01/02.....	127
Figura 4.20.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 28/01/02..	128
Figura 4.21.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 17/10/03.....	129
Figura 4.21.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 17/10/03..	130
Figura 4.22. Imagem Landsat TM de 17/10/03 e local de amostragem chamado centro leste para o cálculo do semivariograma.	131
Figura 4.23. Local de amostragem centro leste em 06/07/87. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	134
Figura 4.24. Variogramas da janela “centro leste” na data de 06/07/87. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	135
Figura 4.25. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 07/07/87. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	136
Figura 4.26. Local de amostragem centro leste em 09/05/95. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	137
Figura 4.27. Variogramas da janela “centro leste” na data de 09/05/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	138
Figura 4.28. Variogramas dos dados corrigidos para remoção da tendência, da janela “centro leste”, na data de 09/05/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	139
Figura 4.29. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 09/05/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	140
Figura 4.30. Semivariogramas da variável NDVI corrigida da janela centro leste da imagem de 09/05/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	141
Figura 4.31. Local de amostragem centro leste em 19/12/95. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	142
Figura 4.32. Variogramas da janela “centro leste” na data de 19/12/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	143
Figura 4.33. Variogramas dos dados corrigidos para remoção da tendência, da janela “centro leste”, na data de 19/12/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	144
Figura 4.34. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 19/12/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	145
Figura 4.35. Semivariogramas da variável NDVI corrigida da janela centro leste da imagem de 19/12/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	146

Figura 4.36. Local de amostragem centro leste em 30/07/96. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	147
Figura 4.37. Variogramas da janela “centro leste” na data de 30/07/96. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	148
Figura 4.38. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 30/07/96. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	149
Figura 4.39 Local de amostragem centro leste em 04/03/97. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	150
Figura 4.40. Variogramas da janela “centro leste” na data 04/03/97. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	151
Figura 4.41. Variogramas dos dados corrigidos para remoção da tendência da janela “centro leste” na data 04/03/97. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	152
Figura 4.42. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 04/03/97. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	153
Figura 4.43. Semivariogramas da variável NDVI corrigida da janela centro leste da imagem de 04/03/97. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	154
Figura 4.44. Local de amostragem centro leste em 17/09/99. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	155
Figura 4.45. Variogramas da janela “centro leste” na data de 17/09/99. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	156
Figura 4.46. Variogramas dos dados corrigidos para remoção da tendência, da janela “centro leste”, na data de 17/09/99. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	157
Figura 4.47. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 17/09/99. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	158
Figura 4.48. Semivariogramas da variável NDVI corrigida, da janela centro leste da imagem de 19/07/99. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	159
Figura 4.49. Local de amostragem centro leste em 24/02/00. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	160
Figura 4.50. Variogramas da janela “centro leste” na data de 24/02/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	161
Figura 4.51. Variogramas dos dados corrigidos para remoção da tendência, da janela “centro leste”, na data de 24/02/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	162
Figura 4.52. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 24/02/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	163

Figura 4.53. . Semivariogramas da variável NDVI corrigida, da janela centro leste da imagem de 24/02/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	164
Figura 4.54. Local de amostragem centro leste em 18/08/00. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	165
Figura 4.55. Variogramas da janela “centro leste” na data de 18/08/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	166
Figura 4.56. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 18/08/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	167
Figura 4.57. Local de amostragem centro leste em 28/01/02. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	168
Figura 4.58. Variogramas da janela “centro leste” na data de 28/01/02. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	169
Figura 4.59. Variogramas dos dados corrigidos para remoção da tendência, da janela “centro leste”, na data de 28/01/02. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	170
Figura 4.60. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 28/01/02. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	171
Figura 4.61. Semivariogramas da variável NDVI corrigida, da janela centro leste da imagem de 28/01/02. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	172
Figura 4.62. Local de amostragem centro leste em 17/10/03. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	173
Figura 4.63. Variogramas da janela “centro leste” na data de 17/10/03. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	174
Figura 4.64. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 17/10/03. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	175
Figura 4.65. Imagem Landsat TM de 17/10/03 e local de amostragem centro oeste para o cálculo do semivariograma.	176
Figura 4.66 - Local de amostragem centro oeste em 06/07/87. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	179
Figura 4.67 - Variogramas da janela centro oeste na data de 06/07/87. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	180
Figura 4.68. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 06/07/87. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.	181
Figura 4.69 - Local de amostragem centro oeste em 09/05/95. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	182
Figura 4.70 - Variogramas da janela centro oeste na data de 09/05/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	183

Figura 4.71 - Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 09/05/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	184
Figura 4.72 - Local de amostragem centro oeste em 19/12/95. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	185
Figura 4.73 - Variogramas da janela centro oeste na data de 19/12/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	186
Figura 4.74 - Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 19/12/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	187
Figura 4.75 - Local de amostragem centro oeste em 30/07/96. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	188
Figura 4.76 - Variogramas da janela centro oeste na data de 30/07/96. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	189
Figura 4.77 -Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 30/07/96. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	190
Figura 4.78 - Local de amostragem centro oeste em 04/03/97. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	191
Figura 4.79 - Variogramas da janela centro oeste na data de 04/03/97. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	192
Figura 4.80.- Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 04/03/97. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	193
Figura 4.81 - Local de amostragem centro oeste em 17/09/99. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	194
Figura 4. 82 - Variogramas da janela centro oeste na data de 19/09/99. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	195
Figura 4.83. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 17/09/99. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	196
Figura 4.84. Local de amostragem centro oeste em 24/02/00. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	197
Figura 4.85. - Variogramas da janela centro oeste na data de 24/02/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	198
Figura 4.86. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 24/02/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	199
Figura 4.87 - Local de amostragem centro oeste em 18/08/00. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	200
Figura 4.88 - Variogramas da janela centro oeste na data de 18/08/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	201

Figura 4.89 - Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 18/08/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	202
Figura 4.90 - Local de amostragem centro oeste em 28/01/02. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	203
Figura 4.91 - Variogramas da janela centro oeste na data de 28/01/02. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	204
Figura 4.92 - Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 28/01/02. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	205
Figura 4.93 - Local de amostragem centro oeste em 17/10/03. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	206
Figura 4.94 - Variogramas da janela centro oeste na data de 17/10/03. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	207
Figura 4.95 - Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 17/10/03. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	208
Figura 4.96. Imagem Landsat TM 17/10/03 mostrando local de amostragem chamado centro total para o cálculo do semivariograma.	209
Figura 4.97. Comparações dos variogramas das amostras centro leste, centro oeste e centro total na direção 0°.....	211
Figura 4.98. Comparações dos variogramas das amostras centro leste, centro oeste e centro total na direção 90°.....	211
Figura 4.99. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 07/07/87 . Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	212
Figura 4.100. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 09/05/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	213
Figura 4.101. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 19/12/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	214
Figura 4.102. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 30/07/96. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	215
Figura 4.103. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 04/03/97. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	216
Figura 4.104. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 17/09/99. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	217
Figura 4.105. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 24/02/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	218

Figura 4.106. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 18/08/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	219
Figura 4.107. . Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 28/01/02. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	220
Figura 4.108. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 17/10/03. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	221
Figura 4.109. Imagem Landsat TM de 17/10/03 e local de amostragem sul para o cálculo do semivariograma.....	222
Figura 4.110 - Local de amostragem sul em 06/07/87. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).	225
Figura 4.111 - Variogramas da janela sul na data de 06/07/87. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	226
Figura 4.112. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 70/07/87. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	227
Figura 4.113 - Local de amostragem sul em 09/05/95. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	228
Figura 4.114 - Variogramas da janela sul na data de 09/05/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	229
Figura 4.115. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 09/05/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	230
Figura 4.116 - Local de amostragem sul em 19/12/95. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	231
Figura 4.117 - Variogramas da janela sul na data de 19/12/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	232
Figura 4.118. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 19/12/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	233
Figura 4.119 - Local de amostragem sul em 30/07/96. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	234
Figura 4.120 - Variogramas da janela sul na data de 30/07/96. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	235
Figura 4.121. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 30/07/96. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	236
Figura 4.122 - Local de amostragem sul em 04/03/97. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	237
Figura 4.123 - Variogramas da janela sul na data de 04/03/97 Direções onde a semivariância não estabiliza.	238

Figura 4.124. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 04/03.97. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	239
Figura 4.125- Local de amostragem sul em 17/09/99. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	240
Figura 4.126 - Variogramas da janela sul na data de 17/09/99. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	241
Figura 4.127. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 17/09/99. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	242
Figura 4.128 - Local de amostragem sul em 24/02/00. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	243
Figura 4.129 - Variogramas da janela sul na data de 24/02/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	244
Figura 4.130. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 24/02/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	245
Figura 4.131 - Local de amostragem sul em 18/08/00. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	246
Figura 4.132 - Variogramas da janela sul na data 18/08/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	247
Figura 4.133. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 18/08/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	248
Figura 4.134 - Local de amostragem sul em 28/01/02. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	249
Figura 4.135 - Variogramas da janela sul na data 28/01/02. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	250
Figura 4.136 - Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 28/01/02. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	251
Figura 4.137 - Local de amostragem sul em 17/10/03. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).....	252
Figura 4.138 - Variogramas da janela sul na data de 17/10/03. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.	253
Figura 4.139. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 17/10/03. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.....	254

Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Métodos de análise de padrão espacial de vegetação em uma dimensão aplicáveis para dados obtidos por amostragem realizada pelo método de alinhamentos de quadrates contíguos.....	42
Tabela 2.2. Métodos de análise de padrão espacial de vegetação em duas dimensões aplicáveis para dados obtidos por amostragem realizada pelo método de grade de quadrates.	43
Tabela 2.2. Métodos de análise de padrão espacial de vegetação em duas dimensões aplicáveis para dados obtidos por amostragem realizada pelo método de grade de quadrates.	43
Tabela 4.1. intervalo do NDVI (transf) na área do Banhado do Taim e na áreas específicas da análises de semi-variância.....	95
Tabela 4.2. Número de píxeis para cada agrupamento da variável NDVI, em todo o banhado e em cada área amostrada em todas as datas.....	109
Tabela 4.3. Dados da variografia (semivariância) máxima, efeito pepita, alcance % de variação espacial e % de efeito pepita da semi-variância) em todas as direções, para cada data estudada, na área de estudo chamada centro leste.....	132
Tabela 4.4. Dados da variografia (semivariância) máxima, efeito pepita, alcance, % de variação espacial e % de efeito pepita da semi-variância) em todas as direções, para cada data estudada, na área de estudo chamada centro oeste.....	177
Tabela 4.5. Comparação de resposta da variografia entre as amostras centro leste e centro total	210
Tabela 4.6. Dados da variografia (semivariância) máxima, efeito pepita, alcance, % de variação espacial e % de efeito pepita da semivariância) em todas as direções, para cada data estudada, na área de estudo chamada sul.....	224

Resumo

O presente estudo avalia a aplicação em ambiente de banhados, especificamente no Banhado do Taim, de metodologia existente de investigação da continuidade espacial de variáveis através da análise preliminar de variogramas experimentais de semivariância. A variável utilizada foi a Diferença Normalizada das bandas do infravermelho próximo e vermelho (Landsat TM) - NDVI, em 10 datas, de 1987 a 2003. A verificação de dependência espacial neste estudo teve por fim definir o melhor delineamento de amostragem, para caracterizar parâmetros de populações, de forma que os dados não sejam autocorrelacionados e possibilitem o tratamento estatístico adequado para a inferência. As áreas escolhidas para a análise foram a região central e sul do banhado. Os resultados mostraram a existência de gradientes e padrões em todas as regiões estudadas. Os alcances dos patamares, quando ocorreram, variaram de 450 a 1600m. Este estudo evidenciou que a variografia por análise de semivariância realiza um papel importante ao quantificar e identificar patamares de variância, o alcance em que eles ocorrem quando ocorrem, assim como também ao identificar as direções de anisotropia do processo. Conclui, neste sentido que um delineamento amostral que considere a autocorrelação dos dados no espaço pode ser efetivamente melhorado pela variografia preliminar da variável de interesse ou de variável bem correlacionada com esta como no caso do NDVI com aspectos de vegetação.

Abstract

This study evaluates the use in a wetland environment, at Taim Wetland, of an existing methodology for the investigation of spatial continuity of variables, through experimental semivariogram analysis. The variable used was the Normalized Difference of near infrared and red bands (Landsat TM) - NDVI, of ten dates, in a period from 1987 to 2003. The goal of spatial dependence investigation in this study was to define the best sampling design when investigating population parameters, in a way data are not autocorrelated and making it possible to use statistical analysis and inference. The wetland south and central area were chosen for analysis. The results showed the existence of gradients and patterns in all of the studied areas. The ranges, when they occurred, varied from 450 to 1600 m. This study concludes that variography by semivariance analysis plays an important role identifying and quantifying the sill, its range, and the anisotropy of the process. Concludes, in this sense, that a sampling design with concern to spatial autocorrelation can be effectively improved by the preliminary variography of the specific variable or the variable correlated with it as in the case of NDVI with vegetation aspects.

1 INTRODUÇÃO - OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

Objetivo

Este estudo tem o objetivo de:

-introduzir proposta de verificação preliminar da variabilidade espacial e padrão espacial presente nas comunidades vegetais no Banhado do Taim, através de análise de dados digitais de imagens de sensoriamento remoto e através da variografia por análise de semivariograma da variável Índice de Vegetação, especificamente o NDVI, para subsidiar um planejamento eficiente de amostragem e caracterização da vegetação daquele Sistema.

Justificativa

Este trabalho espera contribuir para a melhoria das sistemáticas de coleta de dados, ao propor investigação preliminar da variabilidade de um sistema através do estudo da variabilidade de dados obtidos de imagens digitais de sensoriamento remoto. Isto porque, para a coleta de dados a campo em um dado sistema de interesse, muitos recursos são necessários, em muitos casos, em quantidade e natureza superiores ao disponível ou ao aceitável economicamente. Em boa parte dos casos, mesmo dependendo-se uma grande quantidade destes recursos para a amostragem do sistema, os dados obtidos não são aproveitáveis para análise e inferência pois não possuem a

representatividade necessária na escala que se deseja.

O presente trabalho procura verificar a utilidade de uma variável digital, disponível e de baixo custo, para um estudo prévio de variabilidade de um sistema a ser realizado antes que campanhas de amostragem das variáveis desejadas sejam realizadas a campo. Basicamente com o fim de buscar a representatividade das amostras e de reduzir custos nesta busca através de um adequado delineamento amostral e experimental que atinja as demandas de um programa de pesquisa ecológica.

Especificamente neste trabalho as variáveis de interesse são relacionadas à vegetação aquática do Banhado do taim. A questão do estudo preliminar da variabilidade espacial da vegetação insere-se no contexto dos dois objetivos principais distintos que definem a escolha de procedimentos diferentes de amostragem e experimentação:

- descrever e mapear estruturas; e

- fazer inferências dos parâmetros de populações com estimativas de erro e intervalo de confiança para as estimativas de variáveis quaisquer que caracterizam esta população.

O segundo objetivo principal depende do primeiro pois os parâmetros das populações vegetais em ecossistemas são resultados de estrutura e função, ou mais especificamente, de uma estrutura espacial associada a uma estrutura funcional baseada em níveis de organização, começando por indivíduos, e aumentando sua complexidade, seqüencialmente, em populações (de indivíduos), comunidades (de populações), ecossistemas (de comunidades) e paisagens (de ecossistemas). Cada um destes níveis de organização necessita ser estudado em escalas múltiplas de tempo e espaço pois a estruturação gera autocorrelação dependente de escala. Os estudos em ecologia, em qualquer escala espacial ou temporal, e especialmente aqueles de vegetação, devem partir do princípio que suas variáveis são também variáveis espaciais, regionalizadas.

Para atingir o objetivo de definição de parâmetros da vegetação, a amostragem clássica, baseada em delineamento, com construção de aleatoriedade, embora seja válida mesmo para populações de variáveis autocorrelacionadas espacialmente, quando usada sem uma avaliação preliminar da autocorrelação espacial não é a melhor opção nestas circunstâncias, pois embora produza estimativas sem tendência a sua precisão (determinação de intervalos de confiança) seria duvidosa. Faz-se necessário para o uso desta abordagem que o estudo prévio do padrão de continuidade espacial da variável seja modelado para que defina a distância mínima entre unidades a partir da qual estas são independentes.

A razão para a referida adequação de delineamentos amostrais ou experimentais se insere no contexto da necessidade de uma representatividade da população estatística estudada que seja adequada para a inferência. Ou seja, onde estudos mensurativos ou manipulativos, sejam desenvolvidos com representatividade do padrão espacial, dada por repetições aleatorizadas e independentes, e representatividade no tempo dada por medidas sucessivas e sistemáticas em uma região espacialmente representativa. Isto porque, dados adequados aos métodos de análise para inferência estatística devem ter em geral um número mínimo de observações, com espaçamento regular no tempo, e repetições independentes no espaço. Existem métodos de análise que superam as limitações dos dados mas a inferência ecológica torna-se limitada.

A investigação preliminar proposta neste trabalho pode elucidar tanto os aspectos de mapeamento e definição de estruturas como sugerir características da continuidade espacial necessárias para a definição da distância mínima entre pontos de amostragem assim como para a definição de estratos de amostragem. O presente trabalho não propõe ainda os modelos desta variabilidade restringindo-se a verificação da variabilidade e dos aspectos de anisotropia da mesma, ainda numa abordagem inicial

para gerar hipóteses de trabalho futuros.

Neste trabalho considerou-se que o estudo da variabilidade espacial da variável reflectância, de imagens de sensoriamento remoto, especialmente a variabilidade contida na diferença normalizada das bandas do infravermelho próximo e vermelho (NDVI), o qual identifica a reflectância da vegetação verde, é elucidativo na verificação preliminar de padrão e continuidades espacial da vegetação a campo. Estes recursos de sensoriamento remoto atendem as condições de qualidade dos dados pois permitem a amostragem sistemática em unidades contíguas, assim como permitem a avaliação da representatividade espacial e temporal de padrões dada a abundante disponibilidade de dados em escalas diversas.

De forma que os resultados desta metodologia podem contribuir para a compreensão e quantificação inicial da variabilidade espacial da vegetação e para posterior delineamento de experimentos que satisfaçam a condição de independência das unidades para a aplicação de métodos paramétricos estatísticos.

Esta metodologia, de estudo da semivariância da variável NDVI, tem sido empregada em pesquisa há alguns anos de forma que o presente trabalho não a está apresentando como inédita. Entretanto, a sua aplicação em ecologia de banhados tem sido rara e incipiente e este estudo específico propõe esta metodologia como meio de aumentar significativamente o conhecimento destes sistemas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Modelos ecológicos

O planejamento de amostragem ou experimentação em programas de pesquisa ecológica, deve começar com *observações* que levem à reflexão sobre *modelos teóricos* de comportamento dos ecossistemas. As fases de observação e de desenvolvimento teórico são pré-requisitos para a geração de hipóteses a serem testadas e possibilitar inferências.

Um aspecto comum em teoria ecológica que desempenha papel central em teoria de amostragem é o conceito de heterogeneidade espacial. Várias teorias e modelos conceituais assumem que elementos de um ecossistema que estão mais próximos no espaço e no tempo, são mais prováveis de estarem sob influência dos mesmos processos geradores. Este é o caso das teorias sobre sucessão, evolução, adaptação e manutenção da diversidade de espécies, e crescimentos das populações, entre outras (LEGENDRE & FORTIN, 1989).

Em modelos genéricos de ecossistemas de banhados os processos geradores, que influenciam a vegetação, estão relacionados aos regimes hídricos e substratos (solos ou sedimentos), e na seqüência, a própria vegetação torna-se geradora dos demais. Isto possibilita a evolução da heterogeneidade em diversas escalas, caracterizando ecossistemas de banhados como um conjunto bastante variável de condições ambientais

e bióticas estruturadas espacial e temporalmente.

Esta concepção de causa e efeito em que o regime hídrico condiciona o substrato e os dois condicionam a biota, especialmente a vegetação, prossegue com a vegetação retroagindo e modificando o regime hídrico e substrato. Considera-se que o sistema de retro-alimentação acontece em contínuas iterações, até uma condição de *alguma estabilidade*, ou não (Fig. 2.1). A estabilidade ou não neste modelo estaria condicionada por uma maior ou menor exportação de matéria orgânica via um fluxo hídrico com mais ou menos energia, respectivamente. O sistema estável exportaria e não acumularia, e o sistema instável acumularia matéria orgânica continuamente de forma a deixar de ser banhado pela conseqüente elevação do terreno, em uma determinada escala temporal. A sedimentação de matéria inorgânica, favorecida em princípio pela influência sistemática da vegetação na diminuição de energia do fluxo hídrico, poderia em um dado momento iniciar o processo de acúmulo de matéria orgânica produzida pela própria vegetação. Isto posto, é necessário considerar que existe a possibilidade de que os modelos de continuidade espacial e temporal das variáveis do ecossistema não sejam estacionários, ou seja a variabilidade aumentaria indefinidamente no espaço e tempo.

Estes modelos conceituais contêm teoria alicerçada em observações e procedimentos, em sua maioria, subjetivos. Estudos Ecológicos de Longa Duração (ELD) podem ser conduzidos para testar tais teorias em condições controladas de experimentação ou amostragem nas condições específicas de cada ecossistema particular. Uma hipótese a ser testada para diferentes banhados é aquela relacionada à função destes ecossistemas como acumuladores e, ou, exportadores de matéria orgânica, assim como a dinâmica destes processos em escalas temporais crescentes.

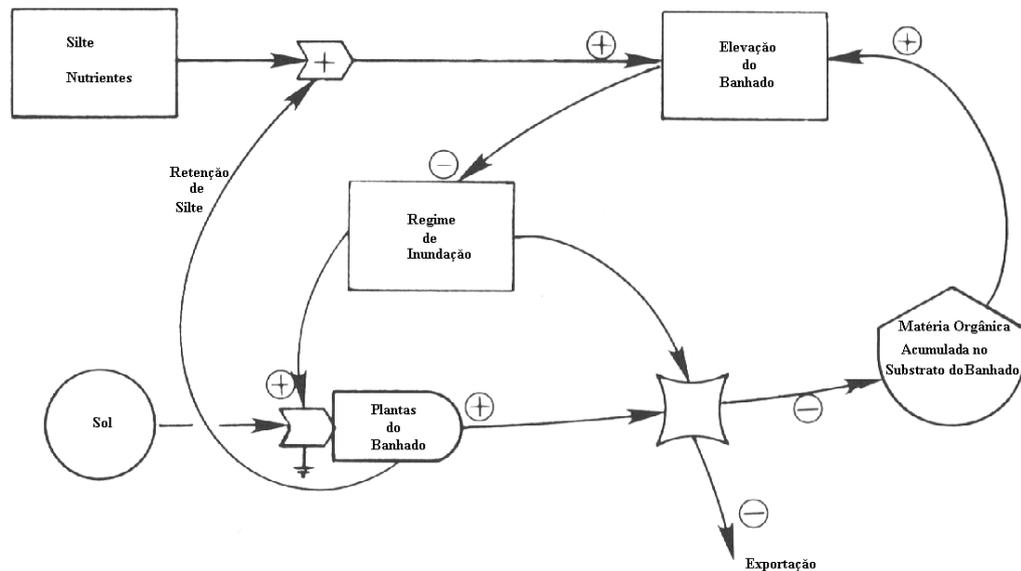


Figura 2.1. Ciclos de retro-alimentação envolvendo regime hídrico, vegetação e as características de sedimentação em um banhado hipotético. Fonte: GOSSELINK & TURNER (1977)

Estudos de longa duração e abordagem experimental de amostragem - a representatividade espacial da variação temporal

TILMAN (1988), como outros, distingue em estudos de Ecologia de Longa Duração (ELD) duas abordagens de estudo: a *observacional* e a *experimental*, sendo a abordagem observacional (subjetiva) defendida por alguns como a mais adequada para ELD (por exemplo TAYLOR, 1989). TILMAN (1988) subentende que esta classificação seria similar à classificação de HURLBERT (1984) que subdivide experimentos em *mensurativos* e *manipulativos*. No entanto HURLBERT (1984) não se refere a estudos puramente observacionais quando fala de estudos *mensurativos*. Refere-se somente à abordagem experimental na qual experimentos mensurativos estão incluídos desde que empreguem princípios de estratégias de amostragem e experimentação (por exemplo, uso de repetições aleatorizadas e intercaladas).

A vantagem principal de uma abordagem experimental em estudos de ELD está em que nestes é possível pesquisar relações de causas e efeitos, através de métodos de *experimentos manipulativos* e *experimentos mensurativos*, adequados à inferência com estimativas de erros e intervalos de confiança. A necessidade do emprego destes princípios de experimentação independe da duração do estudo, mas em estudos de longa duração a resistência para o uso é muito maior. Por exemplo, TAYLOR (1989) e STOHLGREN (1995) questionam a necessidade de se ter uma hipótese de trabalho e TAYLOR (1989) e HARGROVE & PICKERING (1992), a necessidade de se ter repetições.

As considerações de BERKOWITZ ET AL. (1988) não consideram o uso de uma abordagem experimental contemplando repetições e representatividade quando se deseja fazer inferência a partir de dados. No artigo intitulado “Quão longe no espaço e tempo podem ser extrapolados os resultados de um estudo único de longo termo?” discutem a otimização do uso de *extrapolação*. O que estes autores não consideram é que tais estudos não podem ser “extrapolados” no sentido de *inferência*. A possibilidade de *inferência* para outras situações requer estudo da variação entre *repetições independentes* e requer *amostra representativa* para a escala para a qual se quer inferir.

Uma única alusão a repetições aparece como: ..“todos os esforços deveriam ser feitos para prover estimativas de erro para previsões ou extrapolações. *Talvez* uns poucos estudos repetidos de média duração revelem a natureza da variabilidade de longo termo”... O “talvez”, ou demonstra dúvida de que repetições sejam necessárias para estudar variabilidade, ou demonstra esperança de que estudos de média duração sejam capazes de serem *extrapolados* para longa duração sem repetições. Esta esperança não pode ser satisfeita porque, por uma questão de escala, inevitavelmente, uma série temporal de um ponto só é, em essência, não mais do que uma *descrição* de um ponto ao longo de um intervalo de tempo particular, ou se for o caso, a *descrição* de possíveis

respostas de um ponto, a tratamentos quaisquer neste intervalo.

Existem métodos de análise para séries únicas, contudo. Análise de séries temporais por exemplo por ajuste de *modelo integrado auto-regressivo e de médias móveis*, acredita-se poder gerar inferência estatística válida para série sem repetição no espaço desde de que a série analisada seja estacionária (ver BENDAT & PIERSOL, 1986 para *estacionariedade*) e regularmente espaçada (RASMUSSEN ET AL., 1993). A estacionariedade da amostra, no tempo, substituiria repetição no espaço, ..“A média e a variância consideradas a diferentes intervalos de tempo no processo estacionário seriam constantes, tal como se repetições fossem construídas dentro do processo” (RASMUSSEN ET AL., 1993). O que se está assumindo é que sendo a série amostral *estacionária*, o processo é ergódico. Isto permitiria que todas as propriedades do processo fossem determinadas a partir de uma única amostra temporal (BENDAT & PIERSOL, 1986). A pressuposição de *ergodicidade*, de que uma série seria representativa das médias de todos os eventos possíveis da superpopulação, deveria ser justificável para isto (BENDAT & PIERSOL, 1986). No entanto, existe a dúvida do que realmente se sabe sobre ergodicidade nos processos de populações ou ecossistemas.

Resume-se em que um único ponto de amostragem considerado *subjetivamente* “representativo”, gera unicamente conclusões sobre ele mesmo. A *extrapolação* pode ser feita no sentido de *geração de hipótese*. Mas a *inferência estatística* para outras áreas ou tempos não pode ser feita, porque este estudo não tem repetições e representatividade no espaço amostral da população de interesse.

Isto não significa dizer que escalas espaciais mais extensas devem necessariamente ter mais unidades amostrais do que em uma escala menor. Isto depende da escala de variabilidade do processo sendo investigado. As considerações de escala referem-se basicamente à representatividade da amostra em relação à escala da população

predeterminada para a qual se quer inferir. A estratégia de delineamento de amostragem neste caso pode levar a um número ótimo de unidades amostrais a partir do qual não se aumenta a precisão da estimativa (COCHRAN, 1963). Diferente do que coloca SCHNEIDER (1994), o problema de mudança de escala não está em inferir a partir de uma amostra pequena para uma população “monstruosamente” maior. O problema está em inferir para populações diferentes ou para uma população “monstruosamente” diferente.

A definição da escala espacial é fundamental em um estudo de ELD pois este consiste de medidas sucessivas no tempo, em espaços determinados e independentes de amostragem, e a exatidão e extensão da inferência obtida a partir destes dados temporais é dependente de quão representativo o conjunto de locais de amostragem é do fenômeno sendo investigado. A representatividade não pode ser determinada exatamente e *a priori*, mas princípios de número mínimo de repetições e apropriado *espalhamento* das unidades amostrais dentro da população de interesse são fundamentais.

Por exemplo, para fazer-se inferência sobre a variabilidade dentro de uma *população* (grupo) de ecossistemas de interesse tais como *banhados da planície costeira do Rio Grande do Sul*, ou *banhados de água doce de vegetação herbácea subtropicais*, seria preciso que uma *amostra representativa*, com *repetições independentes*, da *população alvo* fosse utilizada (e.g. *n* banhados independentes) para observação. Na população de *banhados do Rio Grande do Sul* seria necessário que os *n* banhados estivessem dentro do Estado, mas para a população de *banhados subtropicais*, *n* deveria representar e, portanto, estar no espaço amostral das áreas subtropicais do mundo.

A questão do uso inadequado de inferência estatística quando os dados são autocorrelacionados espacialmente (LEGENDRE & FORTIN, 1989), relaciona-se também à concepção de pseudo-repetições. (Pseudo-repetições não são verdadeiras repetições mas que são mal-usadas na análise estatística quando no papel de verdadeiras repetições).

HURLBERT (1984) foi o primeiro a dedicar um artigo exclusivamente ao problema do uso inadequado da inferência estatística nesta condição. Constitui-se no uso da análise certa para inferência, mas aplicada nos dados inadequados para a inferência. O suposto problema da autocorrelação maior entre as unidades amostrais mais próximas do que entre as mais distantes, não é explicitado por HURLBERT (1984) que coloca o problema de unidades mal distribuídas. HURLBERT (1984), referiu-se a pseudo-repetições as quais não são *estatisticamente independentes* em função da proximidade física e principalmente em função do isolamento e não intercalamento espacial de grupos a serem comparados. “assegurar que as repetições de amostras ou medições estejam dispersas no espaço e no tempo de forma apropriada para a hipótese específica sendo testada é o aspecto mais crítico de um experimento mensurativo”.. e também..”Em experimentos mensurativos geralmente, pseudo-repetição é freqüentemente uma consequência do espaço físico real sobre o qual as amostras são coletadas, ou medições são feitas, ser menor ou mais restrito do que o espaço para inferência implícito na hipótese sendo testada”.. Esta concepção do problema da autocorrelação é mais justa do que aquela que pressupõe autocorrelação espacial ser definitivamente proibitiva para o uso de inferência estatística a partir de amostragem clássica (CRESSIE, 1991; FORTIN & GUREVICH, 1993, ROSSI ET AL 1992, entre outros).

HURLBERT (1984) advogou que aleatorização das unidades experimentais serve principalmente para construir *intercalamento* (no sentido de interdispersão espacial) entre os grupos a serem comparados nos experimentos manipulativos. Para HURLBERT (1984) a grande diferença entre experimentos *manipulativos* e *mensurativos* é o grau de intercalamento que segundo ele não acontece nos experimentos mensurativos (amostragens em ecossistemas naturais), pois na natureza os grupos estariam naturalmente isolados. Com isso, HURLBERT (1984) de certa forma contradiz sua defesa da importância *do espaço para inferência implícito na hipótese*, já que quando não há este intercalamento e dois grupos isolados são comparados, a inferência deve restringir-

se à diferença entre dois grupos e tão somente a eles.

Por exemplo, em um experimento mensurativo comparativo em um banhado, se a biomassa total de uma única mancha de *Zizaniopsis bonariensis* é comparada com a biomassa total de uma única mancha de *Scirpus californicus*, a inferência deve restringir-se a: “a biomassa total de *Z.bonariensis* na mancha “A” é maior ou menor do que a biomassa total de *S.californicus* na mancha “B”. No caso de querer-se inferir para as populações das duas espécies em todo o banhado, mais manchas intercaladas entre si ou com outras espécies e espalhadas em todo o banhado deveriam ser amostradas. Assim parece que um mínimo de *intercalamento* das repetições dos grupos que se compara, dentro de uma determinada escala de estudo, é uma condição necessária para a independência estatística das amostras de um processo com estruturação e autocorrelação espacial.

Importância de uma abordagem de escala

Na teoria de amostragem a escala abrange três elementos do delineamento de amostragem (WIENS, 1989; ALLEN & HOEKSTRA, 1991; HE et al., 1994), quais sejam:

(i) O tamanho do grão é o tamanho da unidade elementar de amostragem. Este pode ser expresso como o diâmetro, superfície, ou volume de matéria que sustenta as medidas. Na análise de séries temporais, é a duração em cima das quais as medidas são integradas. A resolução de um estudo (SCHNEIDER, 1994) é igual ao tamanho do grão de seu delineamento de amostragem;

(ii) O intervalo de amostragem é a distância média entre unidades de amostragem

vizinhas. Para extensões fixas, o intervalo de amostragem é uma função de n , o número de unidades amostrais. Em troca, o n é determinado pelo esforço total que pode ser alocado à execução da amostragem; e

(iii) A extensão é o comprimento total, área ou volume incluído no estudo, ou a duração total da série temporal (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998). A extensão é chamada de *amplitude* por SCHNEIDER (1994).

Especificamente em ecologia, a escala espacial dos padrões ou processos é descrita conforme segue:

(i) O tamanho da unidade objeto, ou quanto espaço é perturbado pela unidade do processo equivale ao tamanho de grão, é chamado vizinhança ecológica (ADDICOTT et al., 1987) ou à área de resolução de indivíduos (WIENS, 1989). Objetos unitários podem ser plantas ou animais individuais, colônias de bactérias, etc. Exemplos de estruturas mensuráveis resultantes de processos unitários são: a vizinhança ocupada por um animal territorial, a largura de uma zona de terra úmida ao longo de um córrego ou de uma área de influência de marés, o tamanho de uma mancha de solo modificada pelo sistema de raízes da planta e o tamanho das manchas de fitoplâncton que resultam em ação combinada de produção primária e difusão. O grão amostral deveria ser maior do que a unidade do objeto (por exemplo um organismo individual) e o mesmo que, ou preferivelmente, menor do que, as estruturas resultantes de uma unidade do processo (mancha de um mosaico de manchas) o qual deve ser detectado pelo delineamento amostral;

(ii) A distância média entre as unidades de objeto ou processos é equivalente ao intervalo de amostragem. O intervalo amostral, para identificação do padrão, deveria ser menor do que a distância média entre as estruturas resultantes da unidade do processo

para ser detectada pelo delineamento amostral;

(iii) O espaço em que este tipo de objeto ou processo ocorre é equivalente à extensão.

Para alguns processos, a extensão pode ser um oceano ou um planeta inteiro. A extensão amostral pode, em alguns casos, ser a mesma que a área total coberta pelo tipo de objetos ou pelo processo em estudo. Em outros casos, é limitada a uma área menor, determinada pelo esforço total permitido (n) e o intervalo máximo que se deseja manter entre unidades amostrais adjacentes (BELLEHUMEUR & LEGENDRE, 1998).

Observa-se nestas descrições de escala genérica para amostragem e para identificação de padrão que a concepção de estruturação autocorrelacionada está implícita mas não está claramente explícita.

A maioria dos problemas em decidir por um delineamento de amostragem se origina da definição da escala espacial e temporal para os fenômenos a serem investigados. Da mesma forma, a percepção de escala depende do delineamento amostral (BELLEHUMEUR & LEGENDRE, 1998). Os conceitos de escala e padrão estão inevitavelmente ligados (HUTCHINSON, 1953). A descrição de padrão é a descrição de variação e a quantificação de variação requer a determinação de escalas. Assim, a identificação de padrão é uma entrada para a identificação de escalas (DENMAN & POWELL 1984, POWELL 1989) (LEVIN, 1992).

Contudo, ainda é preciso distinguir que amostragem para padrão têm requisitos diferentes da amostragem para identificação dos parâmetros da população. E, a identificação da escala do padrão espacial deve preceder a amostragem para determinar os parâmetros da população (como médias e totais). Em princípio, a escala do delineamento amostral para parâmetros da população deveria derivar do que se sabe sobre a escala do padrão ou processo e da questão ecológica que está sendo investigada.

Na amostragem para inferência estatística sobre os parâmetros da população subentende-se que a inferência deva ser feita para a mesma escala em que foi feita a amostragem (BRADSHAW, 1998), dado que a população para inferência deve ser a população para a qual a amostra é representativa (COCHRAN, 1963). A investigação das escalas de amostragem assume que, em geral, em ecologia não existe uma e somente uma escala característica para padrões e processos. Portanto não existe uma única escala certa para investigar populações ou comunidades, o que justifica a abordagem de múltiplas escalas ou escalas móveis nos estudos nesta área (LEVIN, 1992). Um dos primeiros exemplos de análise em múltiplas escalas foi dado por GREIG-SMITH (1952) demonstrando que as mesmas plantas estão mais agrupadas em algumas escalas do que em outras (SCHNEIDER, 1994).

Resultados da variação ao longo de múltiplas escalas mostram que o delineamento de amostragem tem papel fundamental já que o resultado de qualquer análise vai variar com a amplitude (extensão) e a resolução (grão) em que a observação (amostragem) é feita. Neste contexto padrões dependentes da escala podem ser definidos como padrões que se alteram com mudanças na resolução e/ou extensão das medidas (SCHNEIDER, 1994). Vários métodos foram desenvolvidos para investigação de escala em ecologia. Os primeiros estudos empregaram análise de variância clássica (GREIG-SMITH, 1952; PLATT & FILLION, 1973; LEWIS, 1978; LUDWIG & GOODALL, 1978). Depois foram aplicados correlogramas espaciais (SOKAL & ODEN, 1978A, 1978B), análise espectral (RENSHAW & FORD, 1984), geostatística (variogramas) (PHILIPS, 1985; ROBERTSON, 1987; BURROUGH, 1987, LEGENDRE & FORTIN, 1989, ROSSI ET AL. 1992) e dimensão fractal (BURROUGH, 1981; PHILIPS, 1985; PALMER, 1988; MILNE, 1991). Delineamentos de amostragem específicos para investigação dos efeitos de escala são discutidos nestes trabalhos. BELLEHUMEUR & LEGENDRE, (1998) e GARDNER (1998) revisaram o assunto. E DUTILLEUL (1998A, 1998B) discutiu amostragem sob uma abordagem experimental para detectar a heterogeneidade

espacial e temporal de ecossistemas em função das escalas, e evidenciando como a escala afeta a investigação do padrão espacial. Em geral, delineamentos mais sistemáticos (ver DUTILLEUL, 1998a), e mais intensos (DALE, 1999) mais se prestam à descrição do padrão.

A variação do padrão como função da distância entre pontos pode ser entendida no contexto biológico pela teoria da organização hierárquica onde a distribuição dos indivíduos no espaço não se dá de forma aleatória. Toda esta estruturação, ou padrão, dependente de escala gera autocorrelação espacial também dependente de escala. A autocorrelação significa maior dependência, e portanto maior similaridade, entre unidades amostrais mais próximas do que entre unidades amostrais mais distantes. Isto deve influenciar a escolha de estratégias de amostragem e enfoque analítico. Isto afeta o delineamento de amostragem na decisão de quão distantes devem ser as amostras para um dado objetivo de estudo. Assim, enquanto que para a descrição de padrão é necessário que se retirem amostras próximas o suficiente para representar o máximo de variação, por outro lado para determinar os parâmetros de uma população por métodos de inferência estatística é necessário amostrar em unidades amostrais a partir de um intervalo em que não exista mais dependência espacial entre estas. Ou seja, a partir de uma distância entre pontos em que a variância entre estes pontos não cresça mais como função da distância crescente entre pontos.

Várias discussões levam em consideração estes aspectos de escala e autocorrelação em ecologia (KOENIG, 1999, GUSTAFSON, 1998; KUNIN, 1997; VER HOEF et al., 1993; LEGRENDE, 1993; LEGENDRE & FORTIN, 1989) e sua influencia nas estratégias de amostragem (AUBRY & DEBOUZIE, 2000; HOOSBEEK, 1998; UNDERWOOD & CHAPMAN, 1998; HEWITT et al. 1998; HORNE & SCHNEIDER, 1995; PINE-ALLOUL, 1995; DUTILLEUL & LEGENDRE, 1993; BELL et al., 1993; SCHEINER, 1992; CULLINAN & THOMAS, 1992; HOLLING, 1992; LAVOREL et al., 1991; LEVIN, 1992; TURNER et al., 1989; FORTIN et al. 1989; BIGWOOD & INOUE, 1988).

Abordagens de delineamento e abordagem de modelo em amostragem

Planejamento de amostragem pode ser concebido considerando-se que existem duas correntes filosóficas/matemáticas, com abordagens distintas e fundamentalmente divergentes usadas para inferência. As divergências referem-se à caracterização inicial do fenômeno a ser amostrado, ao tratamento matemático que os dados devem receber e, de certa forma, às estratégias de alocação de unidades amostrais para a coleta de dados. As duas abordagens são a de (i) *amostragem baseada em delineamento* e a de (ii) *amostragem baseada em modelo* (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998). Dentro da abordagem de modelagem, os métodos de modelagem geoestatística têm sido defendidos recentemente em contraposição à abordagem de delineamento. Comparações das duas abordagens foram feitas por AUBRY & DEBOUZI (2000); BRUS & DE GRUIJTER (1997), PETTIT & MCBRATNEY (1993), BRUS & TER BRAAK (1990), HANSEN et al. (1983), KALTON (1981), O’MUIRCHEARTAIGH & WONG (1981), SÄNDARL (1978), SMITH (1976). A escolha entre as duas abordagens é discutida no âmbito genérico da teoria de amostragem. Estas discussões fundamentalmente dizem respeito ao papel da alocação aleatória em amostragem e aos méritos relativos dos métodos “clássico” e “geoestatístico” de inferência a partir de dados de amostras espaciais (BRUS & DE GRUIJTER, 1997).

Na *abordagem baseada em delineamento* o objetivo restringe-se somente à população amostrada e assume-se que um valor fixo da variável existe para cada local no espaço, ou ponto no tempo. Um subconjunto “representativo” das unidades de espaço ou de tempo é selecionado e observado durante a amostragem. Inferência baseada em delineamento (ou baseada em aleatorização: KEMPTHORNE, 1952) resulta de análise estatística cuja única pressuposição é a seleção aleatória das observações. Isto requer que a população alvo (isto é, aquela para as quais conclusões devem ser tiradas) seja a

mesma população amostrada (*população definida para amostragem*). A interpretação probabilística (por exemplo, intervalo de confiança dos parâmetros) refere-se à repetida seleção de observações da mesma população finita, usando-se o mesmo delineamento de amostragem. Os métodos clássicos (“Fisherianos”) para estimar os intervalos de confiança dos parâmetros, para as variáveis observadas sobre uma dada superfície ou intervalo de tempo, são completamente aplicáveis na abordagem baseada em delineamentos (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998).

Na *abordagem baseada em modelos*, a pressuposição é de que a população alvo é muito maior do que a população amostrada (“superpopulação”). Assim, o valor associado com cada local, ou ponto no tempo, não é fixo mas aleatório, já que a superfície geográfica (ou intervalo de tempo) disponível para amostragem (i.e. *a população estatística*) é vista como uma representação da superpopulação de tais superfícies ou intervalos de tempo – todos resultantes dos mesmos processos geradores – a cerca dos quais conclusões são retiradas. Sob este modelo, mesmo se toda a população pudesse ser observada, ainda persistiria incerteza sobre os parâmetros do modelo. Assim, os intervalos de confiança dos parâmetros estimados sobre uma superfície ou intervalo de tempo são obviamente muitos pequenos para representar toda a variabilidade entre superfícies e algum tipo de correção deve ser feita quando estimando estes intervalos.

O tipo de variabilidade das superpopulações de superfícies espaciais, ou vetores temporais, pode ser estimada estudando-se a autocorrelação espacial ou temporal dos dados disponíveis (i.e. sobre a *população estatística*).

Em *amostragem baseada em delineamento*, a aleatoriedade é construída pela *probabilidade igual (ou conhecida) de inserção* das diferentes unidades amostrais da população na amostra (COCHRAN, 1963). Muitas amostras diferentes podem ser selecionadas de uma população, usando-se o mesmo delineamento gerador de

probabilidades de seleção conhecidas. Se todas as amostras possíveis fossem retiradas da população se formaria uma distribuição de frequência dos valores de médias das amostras. Esta distribuição é usada para se fazer *inferências* para a população a partir da amostra. Estas inferências, seja qual for a distribuição espacial da amostra, são válidas por construção (delineamento) e não por suposição (modelo de distribuição da variável) (BRUS & DE GRUIJTER, 1997). Nestas condições de *construção de aleatoriedade*, presume-se que a *distribuição espacial da variável* não influencia a *distribuição de probabilidade* produzida na reamostragem referida.

Na abordagem de modelo, as probabilidades de ocorrência dos resultados elementares do processo estocástico, os campos dos valores, não são conhecidos mas têm que ser modelados. Portanto, se assume que os campos de valores são um resultado de um modelo aleatório escolhido. A distribuição de probabilidade de todas as realizações possíveis daquele modelo é a ferramenta básica para inferência na abordagem baseada em modelo. Isto implica que a amostra não necessita ser selecionada por um procedimento aleatório, por que o valor desconhecido em qualquer dada localização e tempo já está contemplado como aleatório. Ou seja, não está fixado como é considerado na abordagem baseada em modelo.

A pressuposição da fonte de *aleatoriedade construída* sustenta a abordagem dita *amostragem baseada em delineamento* e a pressuposição de superpopulação sustenta a abordagem dita *abordagem baseada em modelos*. O não reconhecimento destas duas fontes de aleatoriedade causa mal-entendidos a respeito *da dependência entre variáveis* e conseqüentemente a respeito do papel da aleatoriedade em amostragem (DE GRUIJTER & TER BRAAK, 1992, BRUS & DE GRUIJTER, 1997).

Os usuários da abordagem baseada em modelos implicitamente defendem que, havendo estruturação e presumindo-se autocorrelação espacial na variável de estudo, então a

variável deve ser necessariamente modelada em função da sua variabilidade espacial e, por decorrência, o modelo obtido deve empregado para prever valores da variável no espaço.

Uma dentre as técnicas para modelagem da dependência espacial, a Geoestatística, fornece ferramentas descritivas tais como semivariograma para caracterizar padrão espacial de variáveis categóricas e contínuas. O semivariograma permite a previsão em pontos não amostrados e a avaliação da incerteza à cerca destes valores na forma de um mapa de probabilidades de exceção de valores críticos, tais como limites regulatórios ou critérios de qualidade. A simulação estocástica permite gerar vários modelos (imagens) da distribuição espacial dos valores das variáveis, todas consistentes com a informação da amostra (GOOVAERTZ, 1999).

Em ecologia, a modelagem geoestatística pode ser usada como uma ferramenta para a interpretação de *padrões espaciais* de organismos, de numerosos componentes ambientais e da *dependência espacial* conjunta entre organismos e seu ambiente (ROSSI et. al., 1992).

A Geoestatística tem sido usada em estudo de variabilidade espacial em solos (GOOVAERTZ, 1998, 1999; GROENIGEN et al. 1999; WESTERN & BLOSCHL, 1999; BRUS et al., 1999; BURROUGH et al., 1997), em experimentação agronômica (AUBRY & DEBOUZIE, 2000; HOOSBEEK et al. 1998) e em ecologia (JONSSON & MOEN, 1998; SANDERSON et al., 1998; BINI et al. 1997; LOEHLE & LI, 1996; GROSS et al., 1995; ROSSI et al., 1992; PHILLIPS, 1985). Tem sido usada combinada com métodos de análise de séries temporais para modelagem da integração de variabilidade espacial e temporal, (HOOSBEEK, 1998; STEIN et al., 1998), e para mapeamento espacial-temporal com a ferramenta de *geoestatística bayesiana de máxima entropia* (SERRE & CHRISTAKOS, 1999).

Amostragem para modelagem de padrão em vegetação

Quando a distribuição espacial de uma variável possui uma certa previsibilidade de forma que possa ser descrita quantitativamente então isto é chamado de padrão espacial. A dependência espacial fornece a previsibilidade que é a característica essencial de um padrão (DALE, 1999). Vários métodos podem ser usados para estudo do padrão, estrutura e dependência espacial em vegetação (ver RIPLEY (1981) e LEGENDRE & LEGENDRE (1998)).

Métodos de Índices de Agregação, que utilizam dados de amostragem clássica, com *aleatoriedade construída*, para inferência estatística dos parâmetros da população (média e variância), são especialmente pouco elucidativos e ineficazes (YOUNG & YOUNG, 1998; HURLBERT, 1990). Contraditoriamente, no entanto, a teoria de que a distribuição espacial (arranjo real espacial dos indivíduos a campo) está relacionada às distribuições numéricas estatísticas obtidas dos mais variados métodos de amostragem, tem sido amplamente aceita e é descrita como uma metodologia válida (por exemplo por LUDIWIG & REYNOLDS (1988) e DALE (1999)).

Comumente se argumenta como TAYLOR (1961) que ..“em populações onde os indivíduos estão distribuídos aleatoriamente, isto é, são independentes, a variância (s^2) em cada densidade de população é igual à média (m). Indivíduos em populações naturais não são, entretanto, independentes uns dos outros. Atrações levam à agregação, a qual faz com que a média seja maior do que a variância ($s^2 > m$) e a repulsão leva à regularidade, a qual faz a média menor do que a variância ($s^2 < m$)”... Nesta abordagem assume-se que a proporção entre os parâmetros variância (s^2) e média (m) de uma dada distribuição de probabilidade do número de indivíduos por unidade amostral é capaz de descrever a configuração espacial dos indivíduos de uma população e de descrever, portanto, se os indivíduos desta população são ou não são “independentes”. Pressupõe-se que, se os indivíduos alocam-se no espaço independentemente uns dos

outros, a *distribuição de probabilidade da variável número de indivíduos por unidade amostral* deverá necessariamente ter média não significativamente diferente da variância. E, ao contrário, se a alocação de cada indivíduo depende de alguma forma da posição ou endereço de alocação prévia de outros indivíduos então a variância deverá ser significativamente diferente da média.

Porém, YOUNG & YOUNG (1998) argumentam que tal pressuposição é equivocada já que aleatoriedade espacial dos indivíduos de uma espécie não é necessariamente associada à distribuição de Poisson. YOUNG & YOUNG (1998) demonstram a fragilidade desta concepção, considerando um conjunto de dados com distribuição de probabilidade Poisson, e outro com distribuição Geométrica com os quais podem ser criadas tanto configurações espaciais aleatórias, como configurações espaciais agregadas e regulares (Fig. 2.2).

As técnicas de amostragem probabilística para a estimativa de parâmetros, portanto, usadas para estudar densidade de indivíduos e testar aleatoriedade, não são suficientes para análise de padrão espacial pois não permitem uma investigação do padrão da(s) escala(s) de interdependência dos elementos.

Para análise de padrão espacial é desejável uma relação espacial simples, não aleatória entre as amostras, assim como amostras regularmente espaçadas ou amostras contíguas (DALE, 1999).

Quando se considera uma escala de campo, de indivíduos e populações, o método de amostragem depende, fundamentalmente, de saber-se se o padrão espacial deve ser tratado como o arranjo de pontos no espaço ou como um mosaico de domínios e se o foco do estudo será dado no padrão espacial das plantas em relação a uma referência (resposta de uma comunidade a um gradiente ambiental), ou se o foco será dado no

arranjo espacial das plantas em relação a plantas de outras espécies (associação de plantas) ou em relação a outros estágios da mesma espécie (DALE, 1999).

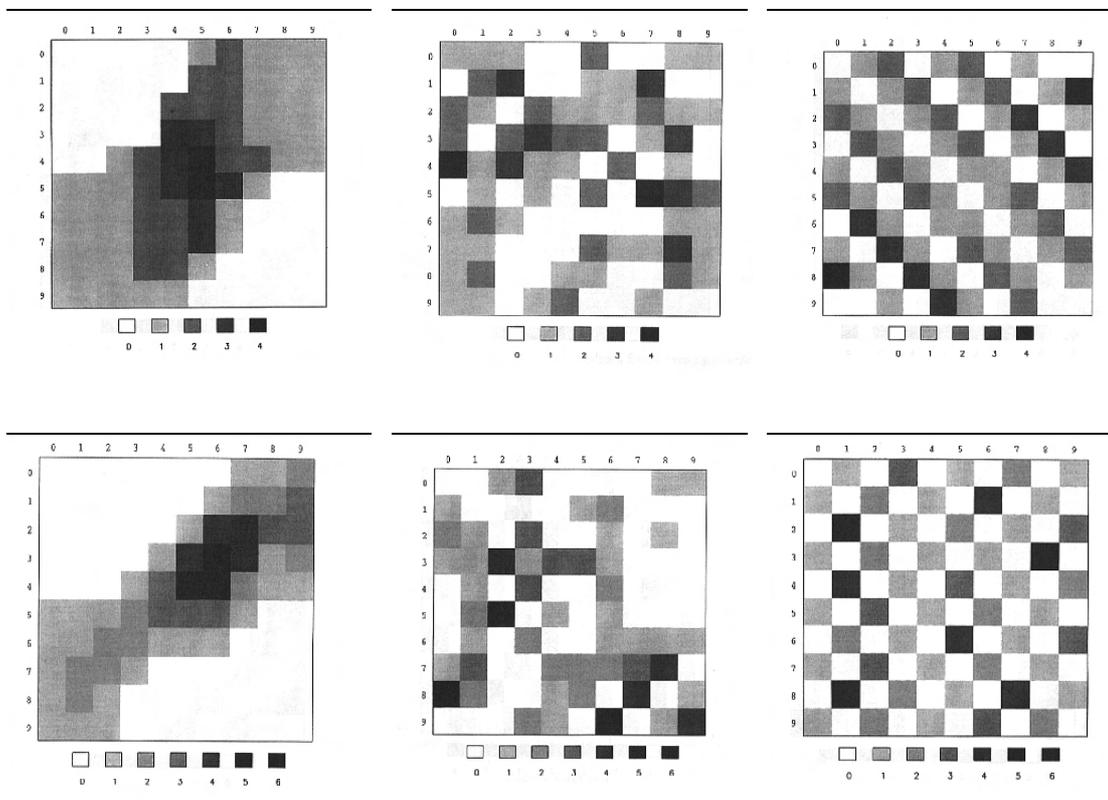


Figura 2.2. Exemplo para ilustrar a inabilidade das medidas de agregação para acessar padrão espacial. Fonte: YOUNG & YOUNG (1999).

Considera-se um campo dividido em 100 parcelas onde os níveis do inóculo de um patógeno de plantas são observados. O teste X^2 indica que a distribuição Poisson descreve adequadamente o primeiro conjunto de dados ($X^2_p=0,23$ e $P(X^2 > 0,23)=0,99$) na primeira linha, e a distribuição geométrica descreve o segundo conjunto ($X^2_p=0,84$ e $P(X^2 > 0,84)=0,99$), na linha abaixo. Fonte: YOUNG & YOUNG (1999).

O que determina como a amostragem deve ser procedida no estudo de padrões espaciais é a escala na qual a resposta deve ser dada. Também, o tipo de análise que se requer para responder a questão deve ser feita considerando o porquê os métodos específicos de análise de dependência espacial requerem certos tipos de configuração sistemática das unidades amostrais (Tab. 2.1 e 2.2).

Os métodos de amostragem freqüentemente usados para o estudo de padrão espacial envolvem o uso de *quadrates* (quadros). Alguns métodos requerem o uso de quadrates contíguos que são dispostos em *transectos* (alinhamentos) unidimensionais ou *grades* bidimensionais. É tradicional o uso de quadrates justapostos ou na forma de treliças em duas dimensões, os quais têm a aparente desvantagem de forçar uma direção x e uma direção y na amostragem. A orientação forçada da amostragem nem sempre é problema pois há casos nos quais se sabe preliminarmente, antes de se iniciar a coleta de amostras, que a vegetação tem uma característica particular de direção. Havendo um gradiente natural distinguível não é difícil se estabelecer a orientação a ser dada à amostragem. A situação mais difícil é quando não há uma orientação natural aparente para a alocação dos quadrates.

Como alternativas aos quadrates quadrados, pode-se imaginar o uso de amostras em latices triangulares ou hexagonais, mas a vantagem obtida parece pequena, comparada com o trabalho extra e a dificuldade de aplicar tais latices a campo. Uma sugestão ainda mais extrema é o uso de quadrates que formem uma figura aperiódica. Quadrates arranjados encordoados ou em transectos são tradicionalmente quadrados, mas parece não haver razão para que não sejam retangulares desde que estes sejam pequenos o bastante para maximizar a variação entre eles e minimizar a variação interna deles.

O uso de quadrates contíguos representa uma alta intensidade de amostragem, uma opção a isto é reduzir o esforço requerido, deixando-se espaços entre as amostras. Este é o caso onde o método pretendido de análise afetará a escolha de amostragem, porque muitas das técnicas de análise de padrão espacial requerem que os quadrates sejam contíguos (Tab. 2). Arranjos não contíguos com espaçamento regular geralmente não são apropriados e podem dar resultados errôneos devido a uma interação entre a escala do padrão de vegetação e o espaçamento dos quadrates.

Tabela 2.1. Métodos de análise de padrão espacial de vegetação em uma dimensão aplicáveis para dados obtidos por amostragem realizada pelo método de alinhamentos de quadrates contíguos.

MÉTODOS DE ANÁLISE DE PADRÃO ESPACIAL AO LONGO DE UMA DIMENSÃO
ANÁLISE DE PADRÃO PARA UMA ESPÉCIE
Variância de Quadrates Bloqueados (GREIG-SMITH, 1952; KERSHAW, 1957; VER HOEF et al., 1993; CARPENTER & CHANEY, 1983)
Variância de Quadrates Locais (HILL, 1973)
Variância de Quadrates Pareados (GOODALL, 1974; LUDWIG & GOODALL, 1978; VER HOEF et al., 1993)
Nova Variância Local (GALIANO, 1982)
Dimensão Fractal e Semivariograma (PHILIPS, 1985; PALMER, 1988)
Análise Espectral (CARPENTER & CHANEY, 1982; RENSAW & FORD, 1984; FORD & RENSHAW, 1984)
Índices de Dispersão (MORISITA, 1954, 1959a, 1959b) I de Moran e C de Geary (MORAN 1950; GEARY, 1954)
ANÁLISE DE PADRÃO PARA DUAS ESPÉCIES
Covariância de Quadrates Bloqueados (KERSHAW, 1963 e 1962)
Covariância de Quadrates Pareados e Probabilidade condicional (GALIANO 1986)
Covariância de Quadrates locais de 2 e 3 Termos (GREIG-SMITH, 1983; DALE & BLUNDON, 1991)
Covariância Cruzada (JENKINS & WATTS, 1969)
Análise Espectral Cruzada (KENKEL, 1988)
Padrão Relativo-Associação de Espécies (DALE et al., 1991)
ANÁLISE DE PADRÃO PARA VÁRIAS ESPÉCIES
Ordenação Multi-escalar (NOY-MEIR & ANDERSON, 1971; VER HOEF & GLENN-LEWIN, 1989; DALE & ZBIGNIEWICZ, 1995)
Dimensão Fractal e Semivariograma (PALMER, 1988; VER HOEF et al., 1993)
Métodos Baseados em Análise de Correspondência (GALIANO, 1983; GIBSON & GREIG-SMITH, 1986)
Distância Euclidiana (LEPS, 1990)
Análise Espectral (JENKINS & WATTS, 1969)
Padrão Relativo-Associação de espécies (DALE et al., 1991)

Tabela 2.2. Métodos de análise de padrão espacial de vegetação em duas dimensões aplicáveis para dados obtidos por amostragem realizada pelo método de grade de quadrates.

MÉTODOS DE ANÁLISE DE PADRÃO ESPACIAL EM DUAS DIMENSÕES
Variância de Quadrates Pareados e Autocorrelação Espacial (SOKAL & ODEN, 1978a, b)
Análise Espectral Bi-dimensional (BARTLETT, 1964; RENSHAW & FORD, 1984)
Variância de Quadrate Local Bidimensional (HILL, 1973)
Variância de Quadrate Local com 4 Termos (DALE, 1990, DALE & POWELL, 1994)
Frequência de Quadrates Pareados aleatórios (GOODAL, 1978)
Variograma (ROSSI et al. 1992; LEGENDRE & FORTIN, 1989)
Covariância de Quadrates Pareados (DALE, 1999)

Amostragem na interseção de linhas pode ser vista como uma modificação da amostragem em transectos usando encordoamento de quadrates contíguos nos quais os quadrates são reduzidos para uma largura nula. É um método apropriado para os casos em que a vegetação seja mais ou menos bidimensional. O procedimento é estabelecer uma linha e então anotar os segmentos da linha que interceptam cada espécie.

Se a vegetação forma um mosaico de distintos domínios com fronteiras claras, pode ser estendida a amostragem na interseção das linhas para duas dimensões, anotando-se o que é essencialmente um mapa de vegetação com suas fronteiras e identidades dos domínios. O modo mais simples de fazê-lo é mapear a presença de uma única espécie, incluindo todo o resto na categoria ausente. A forma digital mais útil deste procedimento é, provavelmente, a conversão de fotografias em mapas numéricos, geralmente tratando o mosaico de vegetação como uma grade de números ou símbolos. Dados de tipo similar podem ser obtidos a partir de imagens de satélites, que são em

essência, gradientes de intensidade de várias partes do espectro eletromagnético. As unidades da grade são chamadas de *pixel* e as imagens são analisadas pela classificação dos píxeis seja por características espectrais conhecidas da paisagem seja por análise multivariada (classificações por agrupamento) (DALE, 1999).

Para o estudo de padrão em um gradiente, vários métodos de amostragem podem ser usados, incluindo amostragem contínua em interseção de linhas, quadrates contíguos e quadrates espaçados regularmente. Quando quadrates contíguos são usados, é preferível que, embora retangulares, não sejam quadrados, para que possa ser ajustada a relação entre o espaçamento dos centros dos quadrates adjacentes e a área amostrada em cada um.

O problema de quadrates não contíguos, pode não ser tão pronunciado no estudo de alguns aspectos de padrão em gradientes. A perda de detalhe e refinamento, entretanto, pode ser um problema crítico para alguns estudos. Para a amostragem para análise de padrão, na ausência de um gradiente claro, conjuntos de dados sem falhas tais como aqueles obtidos em amostragem de interseção de linhas ou de quadrates contíguos que sejam menores que a mudança ao longo do transecto, são as escolhas mais seguras.

Por fim, a grande vantagem dos quadrates contíguos é que estes permitem a análise espacial em uma amplitude de escalas. Ao contrário, usando-se um único tamanho de quadrate, em um arranjo não contíguo, permite a avaliação em somente uma escala.

O variograma

Variogramas (semi-variogramas), correlogramas, agrupamentos e ordenações são

técnicas adequadas para a descrição da estrutura espacial. Segundo LEGENDRE E FORTIN (1989), o semi-variograma (MATHERON, 1962), está relacionado a correlogramas espaciais, sendo uma outra função estrutural que permite estudar a autocorrelação do fenômeno em função da distância. Este método não usa nenhum teste de hipótese estatístico. O variograma é um método univariado, limitado a variáveis quantitativas que ocorrem em uma, duas ou 3 dimensões geográficas.

A autocorrelação espacial tem sido quantificada, no caso de variáveis quantitativas, pelos métodos de MORAN (1950) e GEARY (1954), através dos coeficientes “I” e “C”, respectivamente. Contudo, ao contrário dos variogramas, a significância estatística destes coeficientes pode ser testada e intervalos de confiança podem ser computados de ser possível apontar autocorrelações significativamente positivas ou negativas para diferentes classes de distâncias.

Esta função estrutural chamada de variograma encerra princípios existentes em outras formas de análise de variância. Neste sentido BELLEHUMEUR E LEGENDRE (1998), lembram os princípios similares entre o cálculo de semivariância e o cálculo da análise de variância pelo método de quadrates pareados (proposta por GREIG-SMITH em 1952), ressaltando que a variância de quadrates pareados calculada por LUDWIG E GOODALL (1978) corresponde exatamente ao variograma. Estes autores afirmaram que os testes de significância estatística não poderiam ser utilizados para este tipo de análise de variância. Contudo o importante é que este princípio de técnica pode ser utilizado para calcular componentes de variância em função de diferentes escalas espaciais.

Como descrito por CURRAN (1988), o cálculo da semivariância em uma imagem de satélite é feito utilizando-se dados tipo “número digital” (ND) - “z”, de píxeis “x”, extraídos em uma transecção desta imagem de sensoriamento remoto a intervalos regulares $z(x)$, onde $x = 1,2,3 \dots\dots,n$. A variância entre píxeis, separados por um

intervalo “h” pode ser dada pela variância média das diferenças entre todos os pares possíveis de píxeis separados por este intervalo em uma dada direção ou área estabelecida (Fig.2.3). Como a variância “por píxel” é metade deste valor (YATES, 1948), esta variância dividida por 2 é então chamada de “semivariância”. Desta forma, a semivariância “S²” (por píxel) para píxeis separados por uma distância “h” é dada por:

$$s^2 = 1/2 \left[z(x) - z(x + h) \right]^2$$

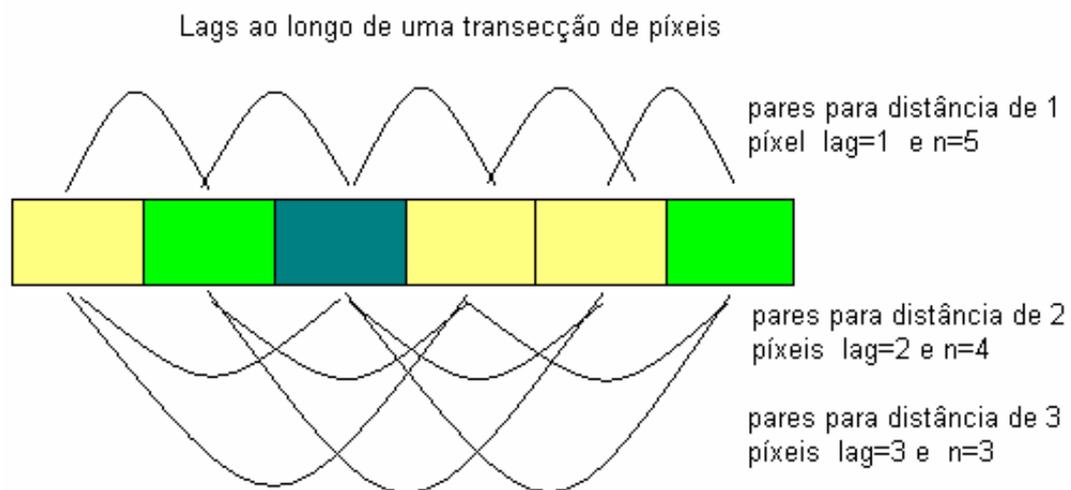


Figura 2.3. Formação de pares de píxeis para cálculo da semivariância média de todos os pares para cada distância entre pontos. Fonte: CURRAN (1988).

Dentro da Transecção existe necessariamente uma quantidade variável de pares de observações - “n” – separados pelo mesmo intervalo como pode ser visto na Fig. 2.3. A média para cada categoria de distância entre pares é dada por:

$$\bar{S}^2 = 1/2n \sum_{i=1}^n \left[z(x_i) - z(x_i + h) \right]^2$$

A semivariância é uma medida de dissimilaridade pois quanto maior o valor obtido desta S^2 média, menor é a similaridade entre os píxeis afastados pela distância considerada.

Esta semivariância média para cada categoria de afastamento dos pontos é uma estimativa precisa da semivariância na população, quando considerando que a premissa de *estacionariedade intrínseca* da variável aleatória esteja atendida. Este processo é dito ser intrinsecamente estacionário se satisfaz à condição da média ser estacionária, ou seja, ter valor constante através de toda a área de estudo, e se satisfaz a condição da variabilidade da variância depender somente e exclusivamente da direção e distância entre pontos considerados.

A ordenação destas médias de semivariâncias para cada categoria de distância entre pontos, resulta em um gráfico chamado de *semivariograma*, ou *variograma* por simplificação (Fig. 2.4).

Existem dois tipos de variogramas, o *experimental* e o *teórico*. O variograma experimental é computado usando-se a fórmula acima referida. O ajuste de um modelo de variograma teórico (função paramétrica) ao variograma experimental permite a definição de parâmetros de interesse para a caracterização da variação da variável de estudo no espaço geográfico considerado, quais sejam:

Patamar (*Sill*) - o valor da ordenada do variograma onde a semivariância estabiliza e não mais é uma função do incremento da distância. Quando existe algum grau de dependência espacial em um conjunto de dados, o padrão espacial pode ser modelado como que atingindo uma assíntota – chamada *patamar*- a qual assume-se equivalente à variância ao redor do valor médio da variável.

Isto significa que quando pontos amostrais estão mais próximos entre si estes pontos tendem a ter valores de seus atributos também mais próximos, e, por conseqüência, uma variância pequena entre eles. Quando a partir de uma certa distância, a dependência entre os pontos não é suficiente para que se prediga o valor de um ponto a partir do conhecimento do valor do outro, a semivariância destes pontos então se torna igual à variância ao redor do valor médio da variável.

Alcance (*Range*) - o valor na abscissa do semi-variograma, correspondente ao ponto na ordenada onde a semivariância atinge o patamar. Considera-se que o *alcance* é a máxima distância entre os pontos a partir do qual estes não estariam mais correlacionados.

Efeito Pepita (*Nugget*) - O *efeito pepita* seria a variância encontrada em uma escala mais fina do que a escala em que foi realizada a amostragem de pontos, ou seja a variação encontrada entre pontos mais próximos do que a mínima distância considerada para comparação de pontos e cálculo da semivariância. Entende-se que pelo princípio aditivo das variâncias neste tipo de cálculo de variância, toda a variância acumulada em uma escala menor do que a primeira distância entre pares considerada, vai estar acumulada neste valor do efeito pepita.

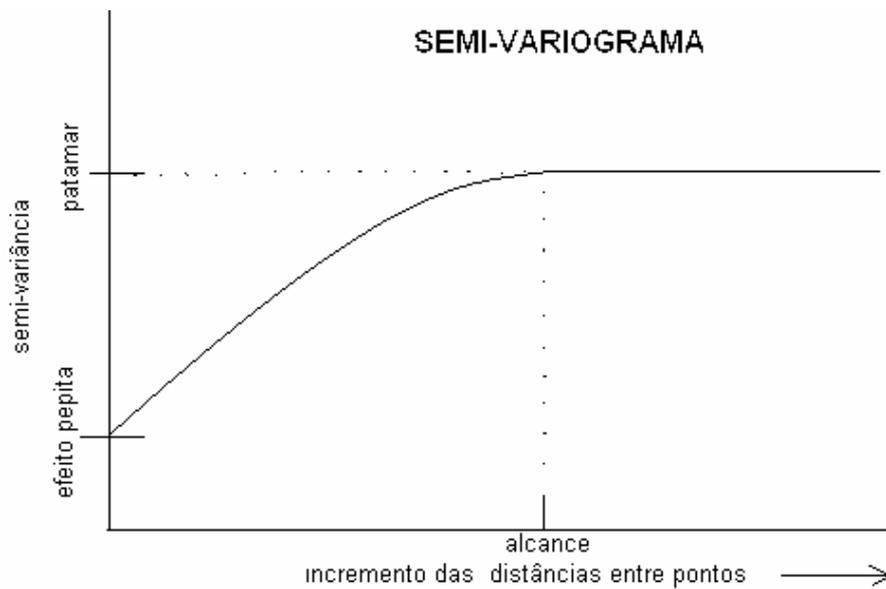


Figura 2.4. Modelo clássico de semi-variograma teórico. Interpretação teórica de um variograma com um modelo assintótico mostrando a proporção de variância encontrada a distâncias crescentes entre pontos a serem comparados.

Segundo CURRAN (1988) a maioria dos variogramas na literatura geoestatística são limitados por um patamar (tipo *clássico*, Fig. 2.4) , contudo, para ele, nas superfícies mexidas por ações antrópicas, duas formas de variogramas são as mais comuns, quais sejam:

O variograma periódico (Fig. 2.5) - em geral gerado por semivariâncias de pontos dispostos perpendicularmente a alinhamentos alternados e repetitivos de um padrão;

O variograma aespacial (Fig.2.6) - em geral gerado por semivariâncias calculadas em uma superfície homogênea, a qual pode ser o interior de uma destas partes repetitivas de um padrão de manchas, ou de listras de vegetação em uma hidroserie, por exemplo.

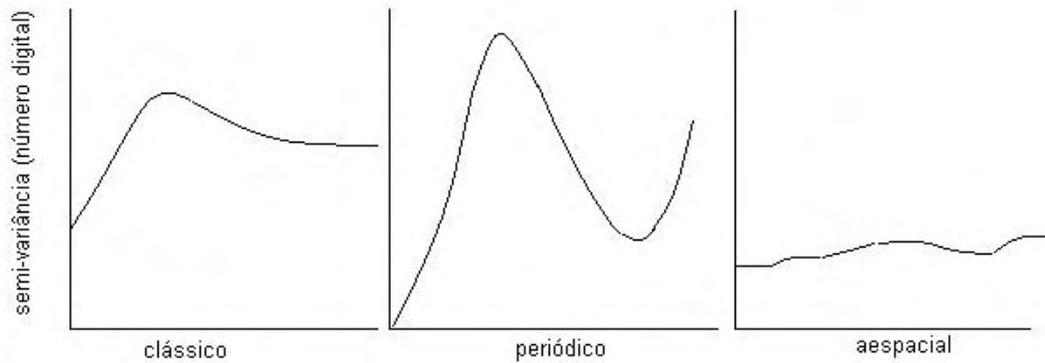


Figura 2.5. Tipos básicos de variogramas. Fonte: CURRAN (1988).

Para CURRAN,(1988) existiriam inúmeras variações destes, mas as formas mais comuns seriam o *clássico- periódico*, o *multifrequência* e o *sem patamar*. Tais tipos básicos de variogramas representariam diferentes feições da paisagem, quais sejam:

-O clássico – periódico poderia representar uma característica (padrão) recorrente em uma superfície variável no espaço (Fig.2.6).

- O tipo sem patamar poderia representar uma superfície com um gradiente dominante no qual o alcance não é atingido pelo comprimento da *transecção* (alinhamento de amostragem) realizada para a amostragem de pontos (Fig.2.6).

-O variograma de multifrequências representaria uma área na qual existem duas ou mais características (padrões) recorrentes (Fig.2.6). Ou seja, quando pares do mesmo padrão são comparados, a variância entre eles é pequena, e, quando pares de padrões diferentes são comparados a variância entre eles é maior. Estes altos e baixos são registrados pelo cálculo da semivariância e as distâncias entre pares para os quais isto ocorre é identificada no semi-variograma como a própria distância entre os padrões.

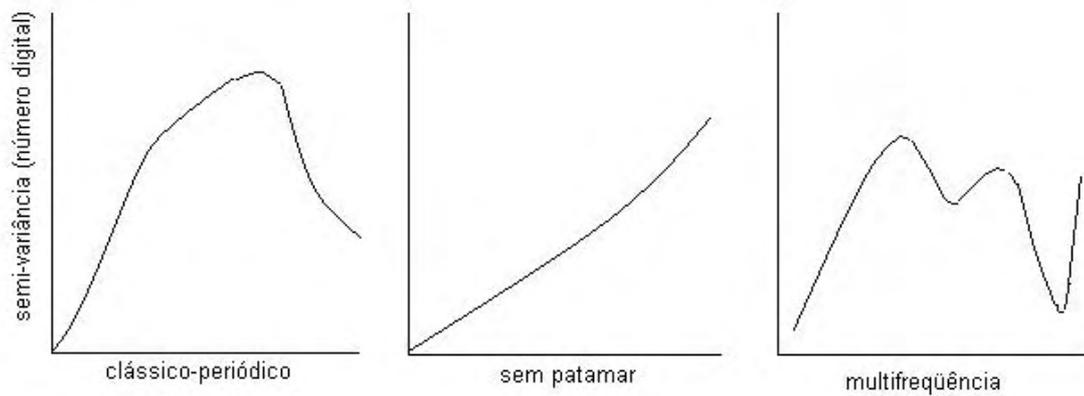


Figura 2.6. Formas mais comuns de variogramas. Fonte: CURRAN (1988)

3 METODOLOGIAS, INFORMAÇÕES E PROCESSOS EM INVESTIGAÇÃO

Recursos

Os recursos utilizados neste trabalho foram;

-observações de campo realizadas em 8 campanhas no Banhado do Taim nos anos de 1998, 1999, 2000, e 2001;

-bandas 3, 4 e 5 de imageamento do Satélite LANDSAT TM nas datas de 07/06/87, 09/05/95, 19/12/95, 30/07/96, 04/03/97, 19/01/99, 24/02/00, 18/08/00, 28/01/02 e 17/10/03;

-programa IDRISI (EASTMAN, 2001) para o processamento e análise das imagens: elaboração das composições, do Índice de Vegetação NDVI e das Classificações não supervisionadas;

-programa SURFER (GOLDEN SOFTWARE, INC.) para elaboração da variografia.

Tratamento das imagens

As imagens das 10 datas usadas foram georeferenciadas e registradas imagem a imagem.

Elaboração de composições coloridas

Foi realizada, para cada data, composição colorida modelo RGB (*Red, Blue, Green*) de 24 bits (banda 3 no vermelho (R) , banda 4 no verde (G) e banda 5 no azul (B)).

No modelo RGB, cada cor aparece em seus componentes espectrais primários de vermelho (R), verde (G) e azul (B). Este modelo é baseado num sistema de coordenadas cartesianas. O subespaço de interesse é um cubo, com o preto na origem e o branco no vértice mais distante da origem. Neste modelo, a escala de cinza se estende do preto ao branco, ao longo da linha que une os dois pontos, e as cores são pontos na superfície ou dentro do cubo, definidas por vetores traçados a partir da origem (MENDES & CIRILO, 2001).

Uma das melhores aplicações do modelo RGB é o processamento de dados de imagens multi-espectrais de satélite, como um conjunto de imagens do LANDSAT com três bandas espectrais. Cada imagem/banda é da mesma cena, mas tirada dentro de um intervalo espectral diferente. Assim, cada plano de imagem (banda) tem um significado físico, e as combinações de cor obtidas pelo modelo RGB no processamento e visualização geralmente possuem uma relação visível com os objetos físicos (MENDES & CIRILO, 2001).

Neste sentido, esta etapa, neste trabalho, teve por objetivo verificar o nível d'água dentro e fora do Banhado, para comparação desta variável nas diferentes datas e auxiliar na análise e compreensão dos resultados da variografia, assim como também verificar a

existência de padrões espaciais persistentes ou recorrentes ao longo do tempo amostrado.

Elaboração de classificações não supervisionadas

Foi realizada *classificação não supervisionada*, para cada data, utilizando-se as 3 bandas (3, 4, e 5) para definição de agrupamentos (classes). Esta etapa teve por objetivo verificar a presença, persistência ou recorrência de padrões espaciais através da simplificação da paisagem pelo agrupamento de píxeis, elementos ou unidades espaciais neste estudo, com características de brilho ou reflectância similares.

Técnicas de classificação não supervisionada têm por finalidade identificar grandes classes que existam na imagem sem que se seja necessário um conhecimento prévio sobre o que representam fisicamente estas classes. Os procedimentos para este tipo de classificação em geral são chamados de *Cluster*, no sentido que estas buscam agrupamentos (*clusters*) de píxeis com características similares de reflectância considerando múltiplas bandas espectrais. Existem muitas abordagens para este tipo de análise, sendo o método disponibilizado pelo IDRISI, e usado neste trabalho, um método com características peculiares.

Os princípios básicos dos métodos comumente utilizados para classificação não supervisionada em imagens de sensoriamento remoto (RICHARDS, 1986); (i) *agrupamentos por médias migrantes em iterações otimizantes* (BALL & HALL, 1965); (ii) *agrupamentos por passo simples*; (iii) *agrupamentos hierárquicos aglomerativos*; e, *agrupamentos por seleção de picos de histograma* (LETTS, 1978). Sendo este último a técnica de agrupamento adaptada para uso pelo IDRISI, e utilizada neste trabalho.

Esta técnica baseia-se em que um histograma multidimensional de uma imagem exhibe

picos nos locais de classes espectrais ou agrupamentos. Conseqüentemente, uma técnica avançada adotada com dados de sensoriamento remoto é construir tal histograma e então pesquisá-lo para encontrar a localização dos seus picos. Estes picos então são associados com o pico mais próximo para produzir os agrupamentos, classes (RICHARD, 1986).

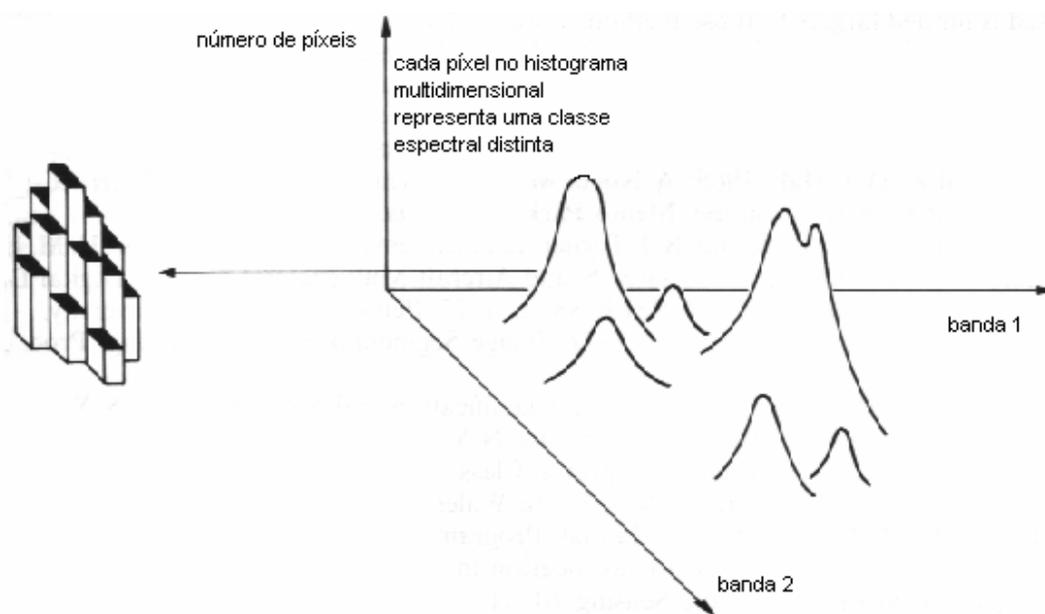


Figura 3.1. Ilustração de um bidimensional enfatizando sua natureza discreta. Fonte: RICHARD (1986).

Neste trabalho, as classificações não supervisionadas, com as bandas 3,4 e 5 do Landsat TM, foram realizadas através das rotinas CLUSTER do programa IDRISI (EASTMAN 2001).

No caso do módulo CLUSTER, esta classificação utiliza histogramas tri-dimensionais decorrentes da decomposição de uma composição colorida de 8 bits de três bandas (neste caso das bandas 3, 4 e 5 do Landsat TM). A classificação das imagens neste trabalho, foi realizada eliminando 1% dos agrupamentos menos significantes. Os agrupamentos nesta técnica são ordenados pelo tanto que descrevem da imagem e

somente aqueles que descrevem juntos 99% dos píxeis são mantidos. Inicialmente o pico é definido como aquele valor com uma frequência maior do que os seus vizinhos. Após um pico tenha sido identificado, todos os valores possíveis são alocados à classe do pico mais próximo sendo as divisões das classes colocadas à meia distância entre os picos (EASTMAN 2001).

Isto é equivalente a ver os picos em um histograma unidimensional, onde um pico é definido como um valor com a maior frequência que os seus vizinhos de cada lado. Uma vez que os picos tenham sido identificados, todos os possíveis valores são agrupados ao pico mais próximo e as divisões entre classes caem nos pontos à meia distância entre picos. Neste caso um histograma tridimensional é usado pois a composição é originada de três bandas. Um pico é desta forma uma classe onde a frequência é maior do que a frequência de todos os seus vizinhos. Resultados melhores ocorrem se os vizinhos da diagonal são omitidos por causa da correlação entre bandas (EASTMAN 2001),.

Na classificação ampla, uma classe deve conter uma frequência mais alta do que todos os seus vizinhos não diagonais. Na classificação fina, realizada neste trabalho, isto é relaxado, permitindo um vizinho não diagonal ter uma frequência mais alta. Isto acomoda picos verdadeiros os quais são de outra maneira perdidos porque um pico próximo de magnitude maior obscurece a usual depressão entre os picos (EASTMAN 2001).

No IDRISI, a rotina CLUSTER trabalha somente com composições de imagens criadas com a rotina COMPOSITE. A composição consiste de índices de cor com cada índice igual a: “azul + (verde x 6) + (vermelho x 36)”, assumindo uma amplitude de 0 a 5 em cada uma das 3 bandas. Por exemplo um píxel com valores de vermelho, verde, e azul de 1, 5, 3, respectivamente, teria um índice de: $3 + 5 \times 6 + 1 \times 36 = 69$. A rotina

CLUSTER desfaz a composição e recupera os valores para criar um histograma tridimensional (EASTMAN 2001).

A rotina CLUSTER somente trabalha com composições de três bandas. Isto pode parecer uma forte limitação, dada a amplitude de bandas disponíveis com imageamento tal como do Landsat TM. Entretanto, a Análise de Componentes Principais revelaria rapidamente que se as 3 bandas são escolhidas judiciosamente, elas conterão essencialmente todas as informações. Por exemplo, em muitos casos a escolha das bandas Landsat TM 2, 3 e 4 (a chamada *falsa cor* padrão), ou bandas Landsat TM 3, 4, e 5, contém mais do que 95 % de toda a informação do conjunto total de bandas (EASTMAN 2001).

Neste trabalho, o resultado do CLUSTER foi usado com a rotina MAKESIG para desenvolver assinaturas para técnicas de classificação supervisionada com o módulo MAXLIKE e assim obter grupos mais precisos. Isto porque, o resultado de uma análise de agrupamento feita pela rotina CLUSTER pode ser diferente dependendo da ordem de entrada das bandas na rotina COMPOSITE. A diferença é causada pelos píxeis os quais podem igualmente pertencer a um ou mais grupos. Nestes casos, a decisão sobre qual grupo o píxel pertence é arbitrária. Mudando a ordem das bandas usadas na composição muda o resultado desta decisão arbitrária. Na maioria dos casos o efeito disto deveria ser pequeno. Entretanto, em casos onde não aparecem picos muito distintos de histograma o efeito pode ser maior. Nestes casos é recomendado que se use após a análise de agrupamento uma classificação por máxima verossimilhança usando a rotina MAXLIE. Para isto é necessário rodar a rotina MAKESIG. Isto produz uma assinatura para cada grupo. Após deve ser rodado o MAXLIKE (EASTMAN 2001).

Desta forma, após esta classificação inicial no módulo CLUSTER, foi realizada uma posterior definição de assinatura para cada um dos agrupamentos através do módulo

MAKESIG e por fim, realizou-se uma segunda classificação por máxima verossimilhança no módulo MAXLIKE. Esta segunda classificação teve o objetivo de diminuir a confusão na alocação de valores a uma classe ou outra quando os picos não são suficientemente distintos. Isto porque a base estatística para a tomada de decisão entre alocar um valor à uma ou outra classe em casos difíceis, é muito melhor com o procedimento de máxima verossimilhança.

Elaboração de composições de NDVI

Foi realizado o cálculo do NDVI, para cada data, usando a rotina VEGINDEX e posteriormente foi realizada a transformação deste pela rotina SCALAR do IDRISI (EASTMAN 2001).

O índice de vegetação da diferença normalizada - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) foi introduzido por ROUSE et al. (1974) como um Índice de Vegetação Espectral o qual separa a reflectância da vegetação verde (biomassa com clorofila) da reflectância do solo.

A reflectância é uma medida da habilidade de uma superfície para refletir a energia, especificamente a proporção de energia refletida para a energia incidente. A reflectância é afetada não somente pela natureza da superfície mas também pelo ângulo de incidência da energia e pelo ângulo de visada da reflectância.

O pigmento clorofila é responsável pela alta reflectância na parte do espectro do infravermelho próximo paralelamente a baixa reflectância (alta absorção) no comprimento do vermelho.

O NDVI é dado pela diferença entre o ND (número digital) da reflectância dos

comprimentos de onda na faixa do infravermelho próximo e na faixa do vermelho, normalizada pela soma dos ND das refletâncias nestes dois comprimentos de onda.

O NDVI é dado por:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR}-\text{RED}}{\text{NIR}+\text{RED}}$$

NIR e RED representam os comprimentos de onda do espectro eletromagnético nas faixas do infravermelho próximo e na faixa do vermelho, respectivamente.

No caso de dados de sensoriamento do LANDSAT TM, as bandas espectrais utilizadas são as bandas 4 e 3, nas faixas do NIR e RED, as quais possuem refletâncias na faixa de 0,76 - 0,90 μm e na faixa de 0,63 - 0,69 μm , respectivamente.

Os índices de vegetação (IVs), dentre eles o NDVI, obtidos a partir de relações entre números digitais (ND), de refletâncias das energias incidentes de bandas espectrais, são amplamente utilizados como sensíveis indicadores da presença e condição da vegetação.

Em geral, os IVs são baseados em combinações lineares, razões ou transformações ortogonais de vários valores espectrais. O objetivo é reduzir o total de dados espectrais em um único valor, sendo a principal função, realçar a contribuição espectral da vegetação verde enquanto minimiza aquela do solo, ângulo solar, vegetação senescente e atmosfera. Em geral, as razões realçam ou revelam informações latentes quando há uma relação inversa entre duas respostas para o mesmo fenômeno. Neste sentido, sabe-se que frente ao crescimento da vegetação ocorre uma redução na refletância no comprimento de onda do visível (absorção pelas plantas) e um incremento de refletância no comprimento de onda do infravermelho (aumento na espessura e número

de camadas de folhas). Assim, as razões que utilizam bandas espectrais de sensoriamento remoto por satélite, situadas no visível e no infravermelho são efetivas na revelação do crescimento e desenvolvimento da vegetação.

Atualmente o NDVI é usado como um indicador do estágio de crescimento de espécies de produção agrícola. Isto se explica porque ele fornece indicações de parâmetros biofísicos tais como produtividade primária e evapotranspiração. Isto significa (MALINGRAU, 1989 apud MENDES & CIRILO, 2001) que as propriedades de radiância da vegetação fornecem mais informações a respeito de processos (fotossíntese, respiração) do que sobre o estado da superfície (área de folha, biomassa). O NDVI representa a intensidade de atividade fotossintética da planta. Quando ordenado em função do tempo, o NDVI supostamente fornece a história da produtividade da planta e, por inferência, a produção esperada, supostamente também um dos principais objetivos desta análise (HOLBEN, 1986 apud MENDES & CIRILO, 2001).

O NDVI é um índice adimensional, o qual varia entre -1 e 1, sendo que a vegetação verde possui sempre valores positivos. Os valores negativos ocorrem quando a reflectância no vermelho (banda TM 3) é maior que a reflectância no infravermelho (banda TM 4), o que ocorre para alguns tipos de solos secos e para água (MENDES & CIRILO, 2001).

Neste trabalho, de forma a poder elaborar a matriz com os valores de NDVI para realizar a variografia, estes valores de NDVI calculados foram transformados linearmente através da relação:

$$\text{NDVI transformado} = (\text{NDVI} + 1) \times 100$$

Tal transformação eliminou os valores não inteiros e valores negativos, levando a escala

para valores de 0 a 200. Ou seja, os valores negativos reais de -1 a 0 passaram para valores inteiros positivos de 0 a 100 e os valores de 0 a 1 passaram a valores de 101 a 200, preservando desta forma a escala

Classificações não supervisionadas da variável NDVI

Após a realização do NDVI para cada data foram realizadas as análises de classificação não supervisionada para agrupamento das possíveis classes de NDVI. Para tal foi utilizada no IDRSI a rotina ISOCLUSTER que permite a classificação de uma única imagem, utilizando como semente uma composição colorida de 8 bits realizada com 3 bandas do LANDSAT TM (bandas 3, 4 e 5). A rotina ISOCLUSTER é um autoclassificador, iterativo, para classificação não-supervisionada baseado em conceito similar ao conhecido ISODATA (Ball & Hall, 1965).

Elaboração da Variografia

A avaliação da autocorrelação espacial da variável NDVI transformada foi realizada por análise de semivariogramas na rotina VARIOGRAM do programa SURFER (GOLDEN SOFTWARE, INC.).

Foram calculados variogramas experimentais, direcionais, considerando divisões angulares espaçadas a cada 5° com 5° de tolerância. O° é considerado na abscissa, crescendo até 180° no sentido anti-horário. A distância inicial entre pares (*Lag*) foi definida como 30 metros em função das dimensões do píxel (30 x 30m) (Fig . 3.2). A

máxima distância entre pares (Fig. 3.3) é definida como *default* pela rotina VARIOGRAM como sendo um terço da extensão da diagonal dos dados. As definições do número de divisões angulares e divisões radiais da grade de dados para o cálculo do variograma foram de 180° e 100 respectivamente. Isto significa que existiram 18.000, (180 x 100), possíveis células para alocação dos pares na grade de dados. Cada par é colocado em uma célula específica baseado na distância de separação e no ângulo entre as duas observações. Quanto maior o número de divisões angulares e radiais maior a necessidade de memória para a realização dos cálculos.

No programa SURFER, a distância de separação é dada por:

$$h = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

O ângulo de separação é dado por:

$$\theta = \arctan \left[\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right]$$

O variograma é dado como uma função tridimensional com duas variáveis independentes (a direção θ , a distância de separação h) e uma variável dependente (o valor do variograma $\gamma(\theta, h)$). Na rotina VARIOGRAM do SURFER cada variograma direcional é calculado como uma fatia radial da grade de dados do variograma a qual pode ser visualizada como uma superfície em forma de funil. A união destas fatias consistiria em uma superfície tridimensional. O uso destas fatias angulares, direcionais, torna possível realizar variogramas no formato de gráficos bidimensionais. Os variogramas foram calculados inicialmente sem correção dos dados para remoção de tendências.

Posteriormente, os dados referentes a uma das áreas estudadas (amostra centro leste), nas datas daqueles variogramas que mostraram tendência de crescimento indefinido da semivariância em algumas direções (variogramas sem patamar), foram corrigidos. A correção dos dados foi realizada com o objetivo de remover esta variabilidade de longo alcance, relacionada supostamente à topografia, e ou, por consequência, as diferenças de nível d'água. O modelo de correção escolhido foi o modelo linear disponível no SURFER.

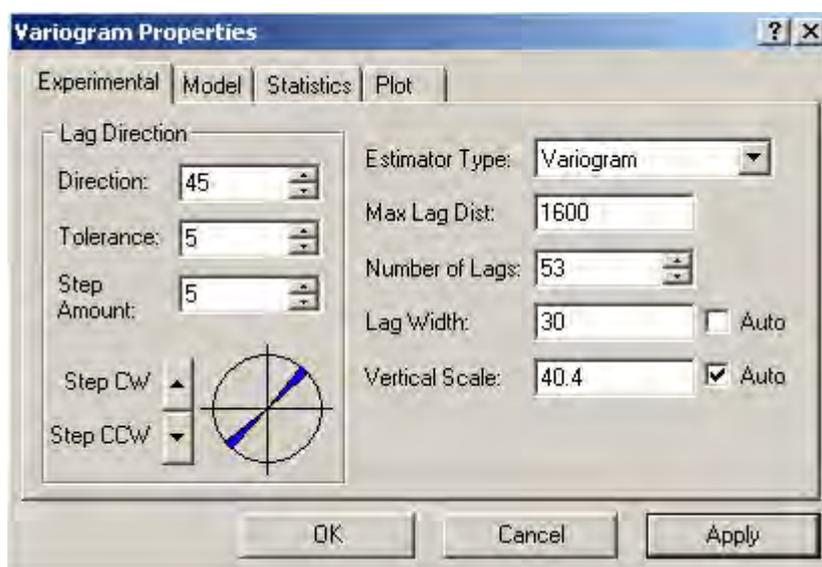


Figura 3.2. Definição das propriedades de cálculo do variograma.

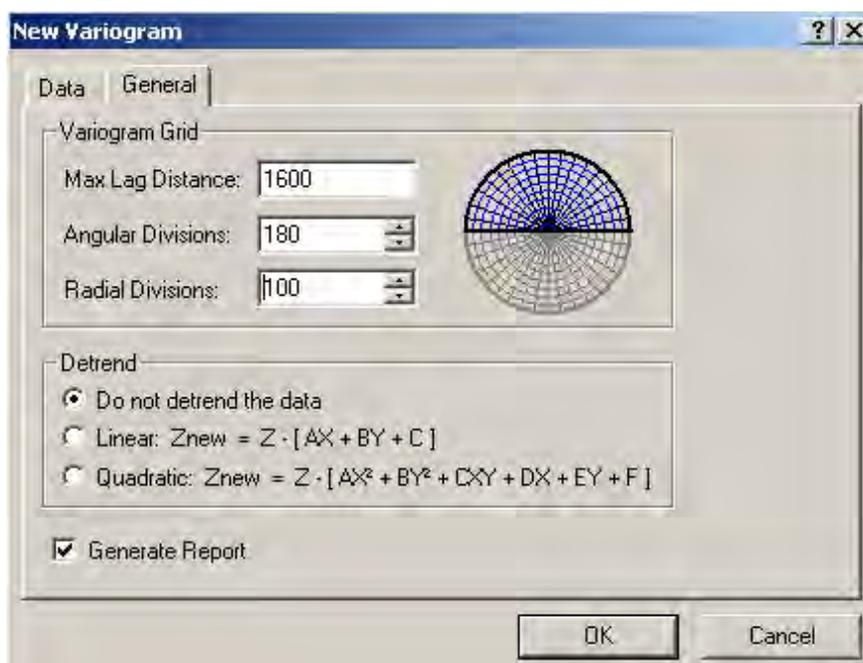


Figura 3.3. Definição das propriedades de cálculo do variograma.

Local de Estudo

A investigação de continuidade espacial da variável NDVI foi realizada neste estudo na área do Banhado na Estação Ecológica do Taim (ESEC-TAIM), a qual possuía área, até o ano de 2003, de 33.815 ha, localizada entre 32° 23' S e 32° 50' S, e 52° 23' W e 52° 32' W. Atualmente a área foi ampliada por Decreto Federal para mais de 120 000 ha. A ESEC TAIM é objeto de estudo dentro do subprograma de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) do Programa Integrado de Ecologia do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) como *Site Sistema Hidrológico do Taim* (CNPq: 520027/98 -1), no qual este trabalho de tese se insere.

O local específico de estudo corresponde a área alagada, no interior da ESEC Taim, a qual é comumente chamada de “Banhado do Taim”, particularmente as porções central e sul desta área.

Especificamente para a análise de semi-variograma da variável NDVI (transformado) foram escolhidos 4 locais de amostragem (Fig. 3.4) chamados neste trabalho de *amostra centro leste*; *amostra centro total*, *amostra centro oeste* e *amostra sul*. A localização destas áreas em coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) são respectivamente:

-amostra centro leste: 354.603 a 358.411 W e 6.380.387 a 6.384.015 S;

-amostra centro total: 350.975 a 358.291 W e 6.380.027 a 6.3803.985 S;

-amostra centro oeste: 350975 a 354603 W e 6380387 a 6384015 S;

-amostra sul: 351.334 a 356.492 W e 6.374.959 a 6.378.678 S.

A escolha destes locais de grandes áreas procurou contemplar 3 compartimentos aparentemente distintos entre si e com padrões persistentes internamente.

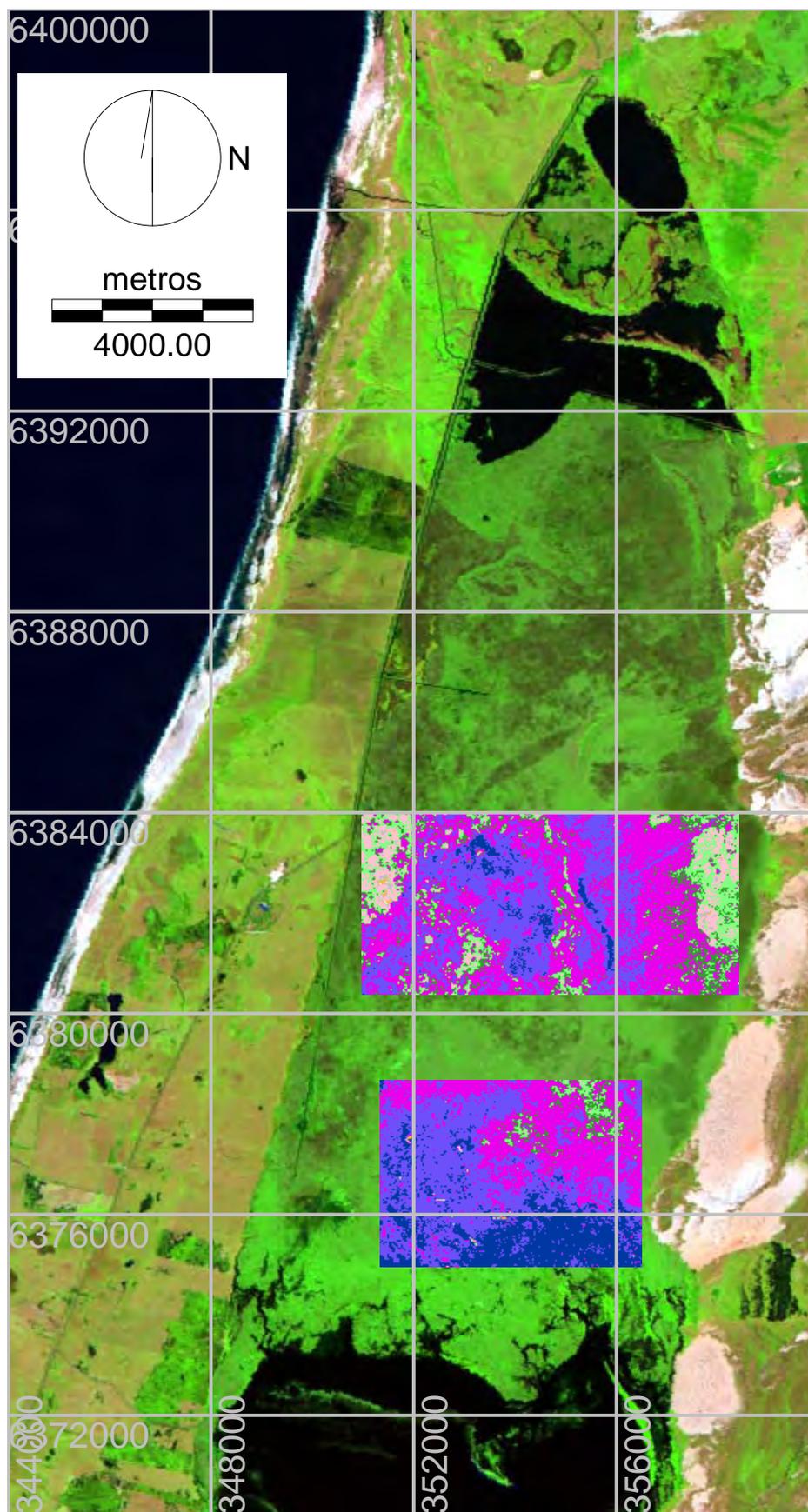


Figura 3.4. locais de amostragem para realização da variografia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da área de estudo - identificação de padrões na paisagem

Os primeiro registros de fotografias aéreas da região do Banhado do Taim foram obtidos em 1947, depois em 1964 e 1975. Em foto aérea vertical desta última data (Fig. 4.1), e nas imagens Landsat TM do Banhado do Taim disponíveis para este estudo, entre 1987 e 2003 (Fig. 4.2), é visualmente identificável padrões espaciais persistentes ou recorrentes ao longo do tempo no Sistema.

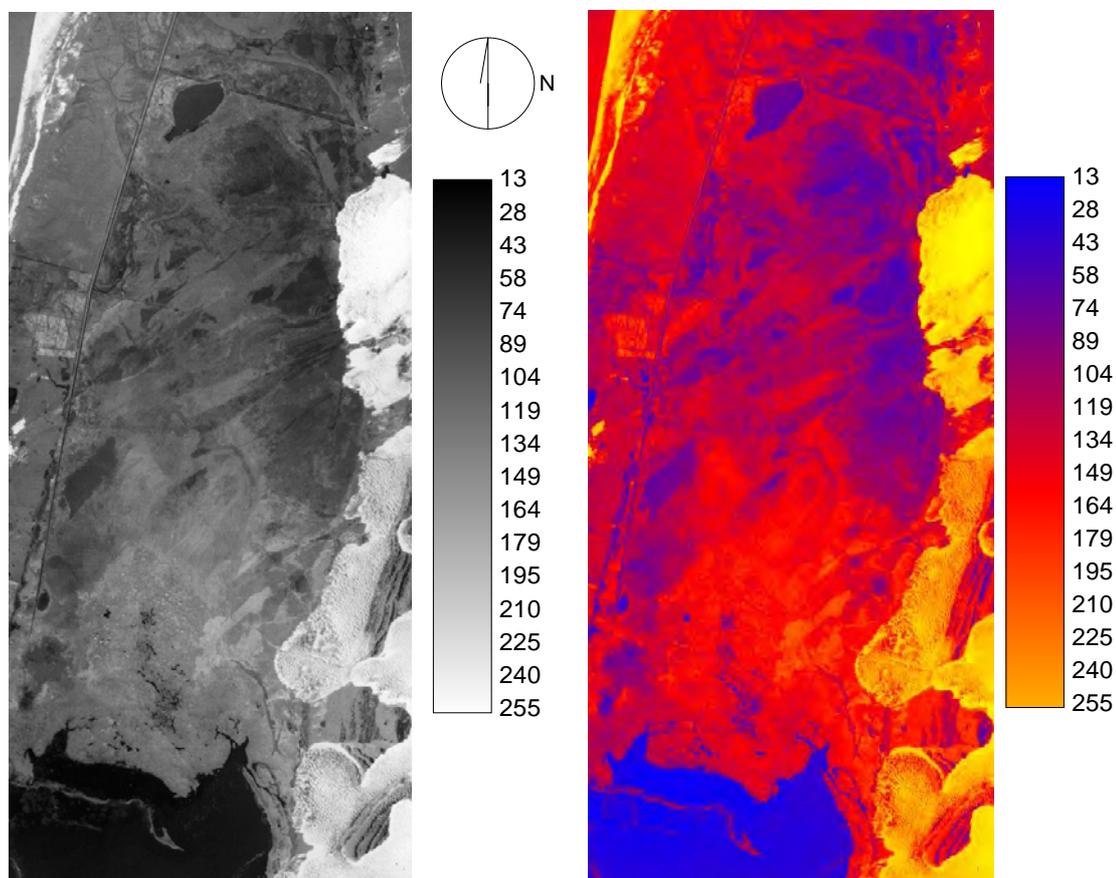


Figura 4.1. Foto aérea de 1975 da região do Banhado do Taim.

Na foto aérea de 1975 (Fig.4.1) é notável a influência do vento sobre a fisionomia da paisagem do Banhado. Nesta época não havia ainda a grande massa de Pinheiros e Eucaliptos do reflorestamento a Nordeste do Banhado a qual protege-o há mais de 20 anos justamente do vento predominante nesta região.

A permanência de suposta estruturação espacial é visível nas classificações realizadas nas imagens de 1987 a 2003 (Fig. 4.3). Esta permanência do padrão induz a hipótese de que as classes obtidas por classificação não supervisionada (Fig.4.3) devem representar características permanentes, adicionadas da variação temporal da cobertura vegetal e água. Estas classes, em função das características espectrais das 3 bandas utilizadas na análise, podem representar grupos distintos de comunidades vegetais mas intrinsecamente relacionadas a aspectos físicos do sistema como topografia, nível d'água e características do substrato (matéria orgânica, areia, ou argila).

As feições espaciais do Banhado, supostamente geradoras das condições para as diferentes comunidades de vegetação, possuem sua origem na formação paleogeográfica do local durante os últimos 10.000 anos. BUCHMANN (1997) propôs um modelo para a evolução dos depósitos sedimentares, associados aos eventos de transgressão e regressão do mar que teriam levado a formação do Banhado. Ele sugere que a gênese do Banhado do Taim esta associada à formação de um *paleocanal*, sobre a *paleodrenagem*, da embocadura da então Laguna Mirim (atualmente Lagoa Mirim) com o Oceano Atlântico, iniciada no *Holoceno* médio, há 5100 anos, quando da inversão da *deriva litorânea* do que é normalmente (de Sudoeste para Nordeste), com a formação de um grande esporão arenoso.

Este esporão teria se desenvolvido pelo aporte de sedimentos provenientes da então

Laguna Mirim e de sedimentos do ambiente praiado através do transporte litorâneo. Este período teria sido o período em que ocorreu o máximo transgressivo do Holoceno. A tal evento teria seguido uma *regressão do mar*, há 4900 e 4300 anos atrás, a qual teria gerado o assoreamento do Paleocanal. Uma segunda *transgressão do mar* teria ocorrido há 2500 anos, reativando e afogando o Paleocanal, com posterior preenchimento das depressões com abundante vegetação. O vale escavado naquela primeira regressão começaria nesta a ser preenchido com *sedimentos turfáceos*.

Na última regressão que teria ocorrido de 2500 a 1000 anos atrás, após a formação das camadas turfosas em ambiente subaquoso, um manto de areias eólicas teria recoberto os depósitos, devido ao rebaixamento do nível relativo do mar, e os feixes de cordões litorâneos, após sua gênese teriam sido recobertos por dunas transgressivas, devido a pequenos pulsos positivos durante a regressão. As várias linhas de dunas paralelas à linha da costa, formaram-se ancoradas ao esporão arenoso. (Fig. 4.4.A, 4.4.B e 4.4.C).

DNOS (1966) identificou aspectos topográficos, edafológicos e de vegetação no Banhado em consonância com aspectos do modelo proposto por BUCHMANN (1997). Neste primeiro trabalho de caracterização do Banhado para fins de viabilizar a sua sistematização e drenagem para o uso agrícola, realizado de 1964 a 1966, foi feito relato sobre as suas características edafológicas, com descrição dos depósitos de areia de origem marinha, de argila oriunda das águas da Lagoa Mirim, e de matéria orgânica pouco decomposta (turfa), em geral sobrepostos nesta ordem. Para a realização desta investigação, foram abertas na época várias picadas, sendo que três delas, na parte central, atravessavam de leste para oeste toda a extensão do Banhado (Fig. 4.5.A e Fig. 4.5.B). Nestas três, foram obtidos pontos cotados que, até hoje, vêm a ser a maior parte do que se conhece das cotas internas do Banhado (Fig. 4.5.C).

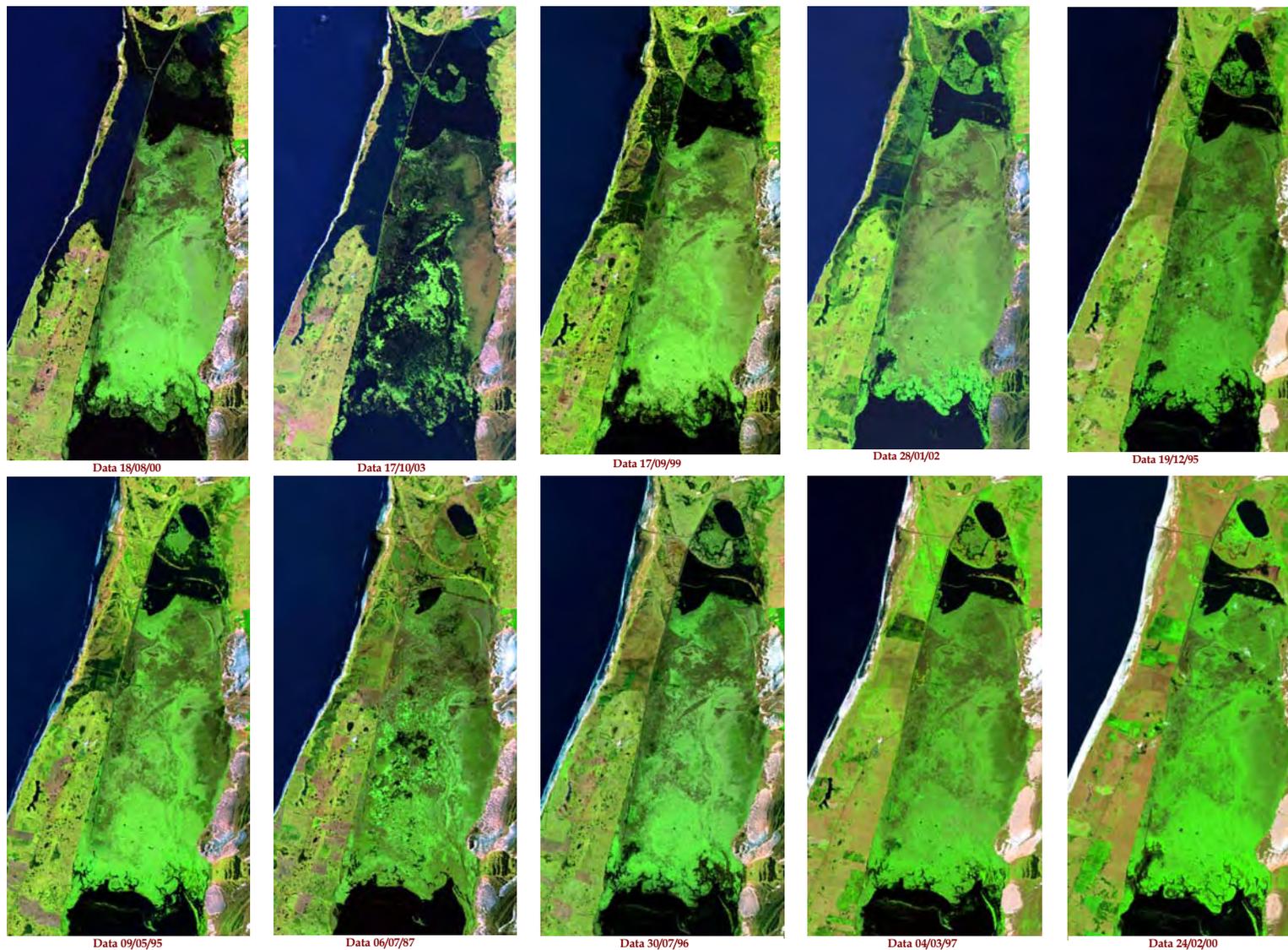


Figura 4.2. Imagens composições coloridas das bandas 3, 4, e 5 (Landsat TM), ordenadas por nível d'água na Lagoa Mirim, da esquerda para a direita e de cima para baixo do nível mais alto para o nível mais baixo, respectivamente ago/00, out/03, set/99, jan/01, dez/95, mai/95, jul/87, jul/96, mar/97, fev/00 .

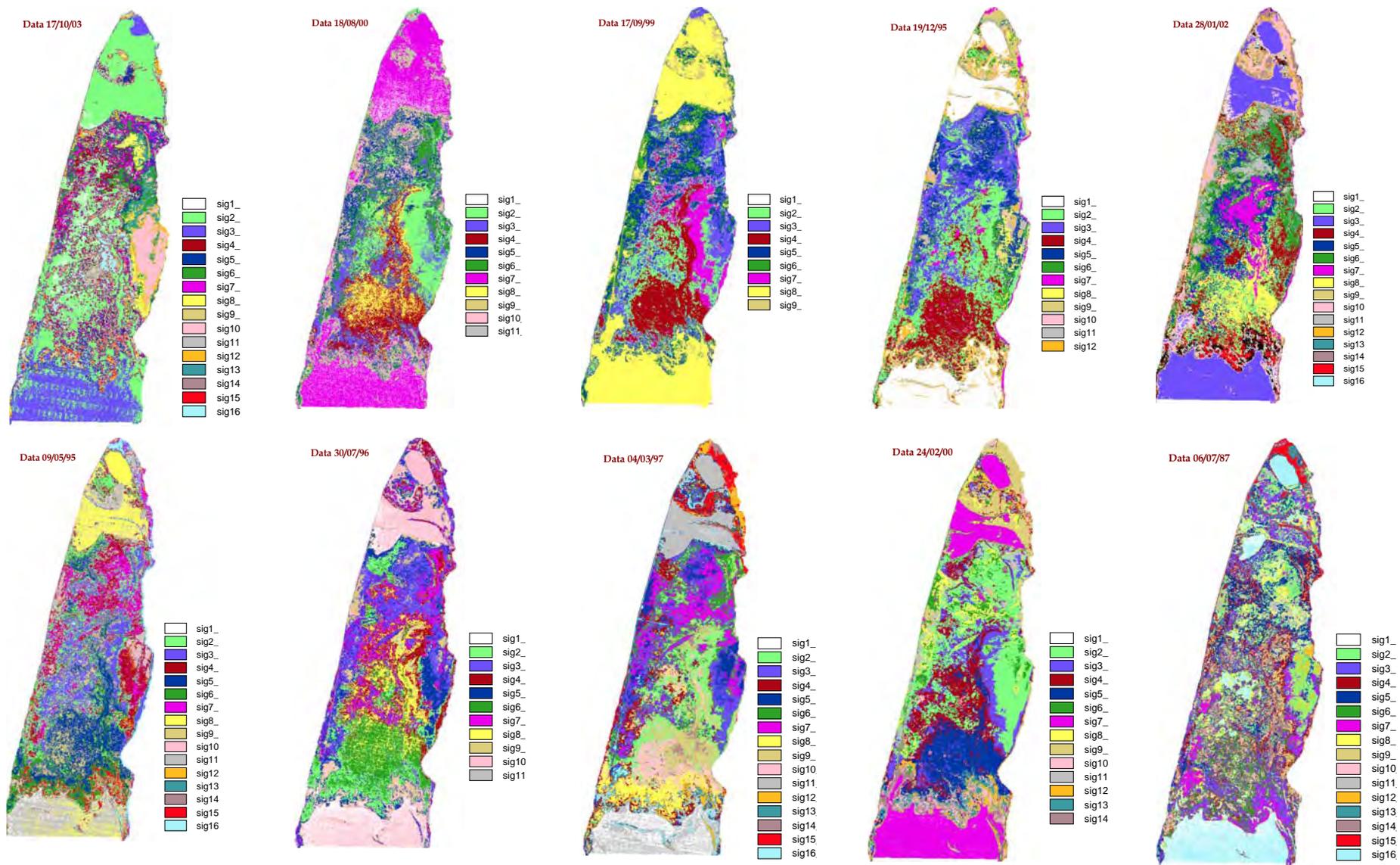


Figura 4.3. Classificação não supervisionada das bandas 3, 4, e 5 (Landsat TM) ordenadas por nível d'água no interior do Banhado, da esquerda para a direita e de cima para baixo do nível mais alto para o nível mais baixo, respectivamente out/03, ago/00, set/99, dez/95, jan/01, mai/95, jul,96, mar/97, fev/00, jul/87.

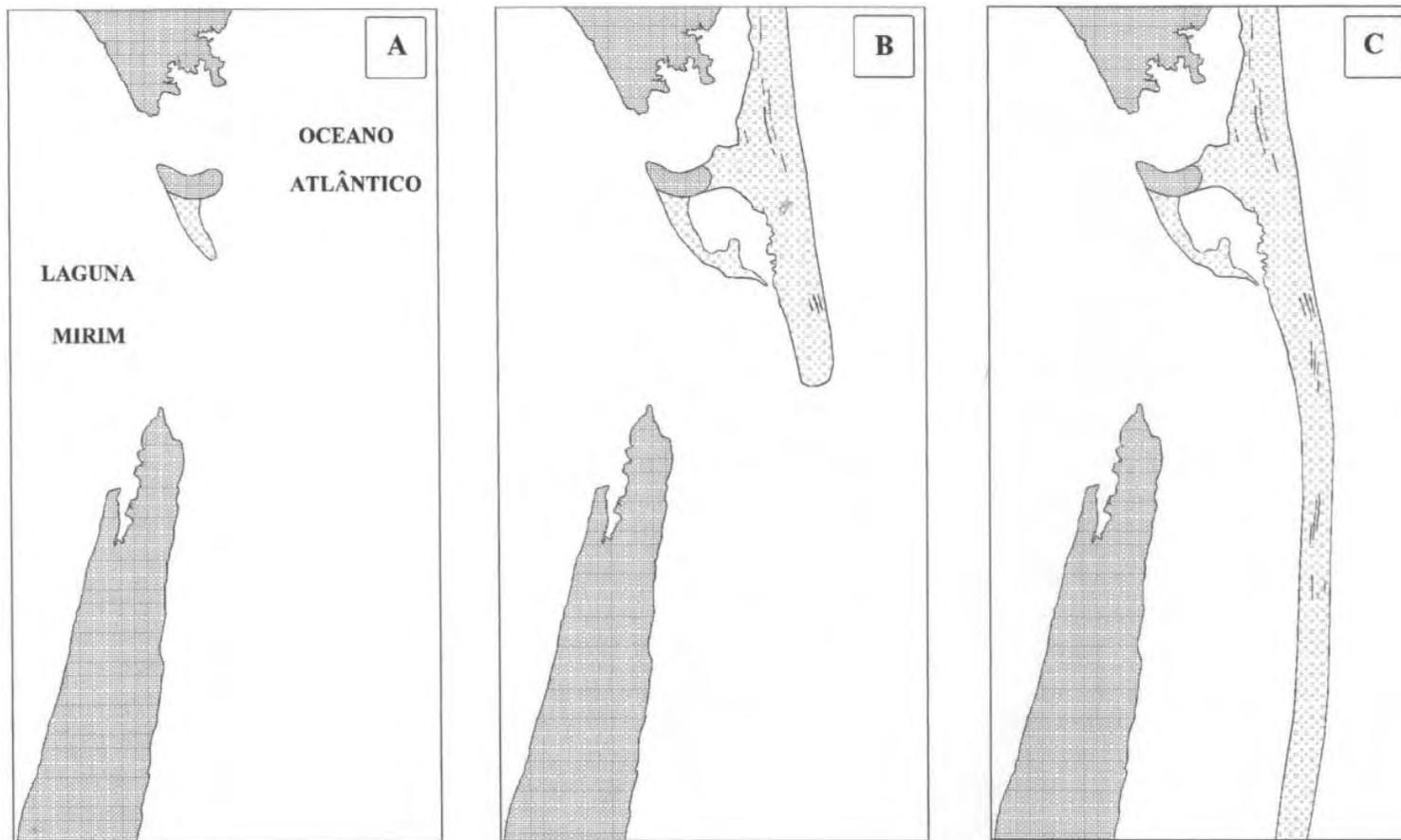


Figura 4.4.A. Detalhe do crescimento do esporão de areia no Banhado do Taim. Fonte: BUCHMANN (1997).

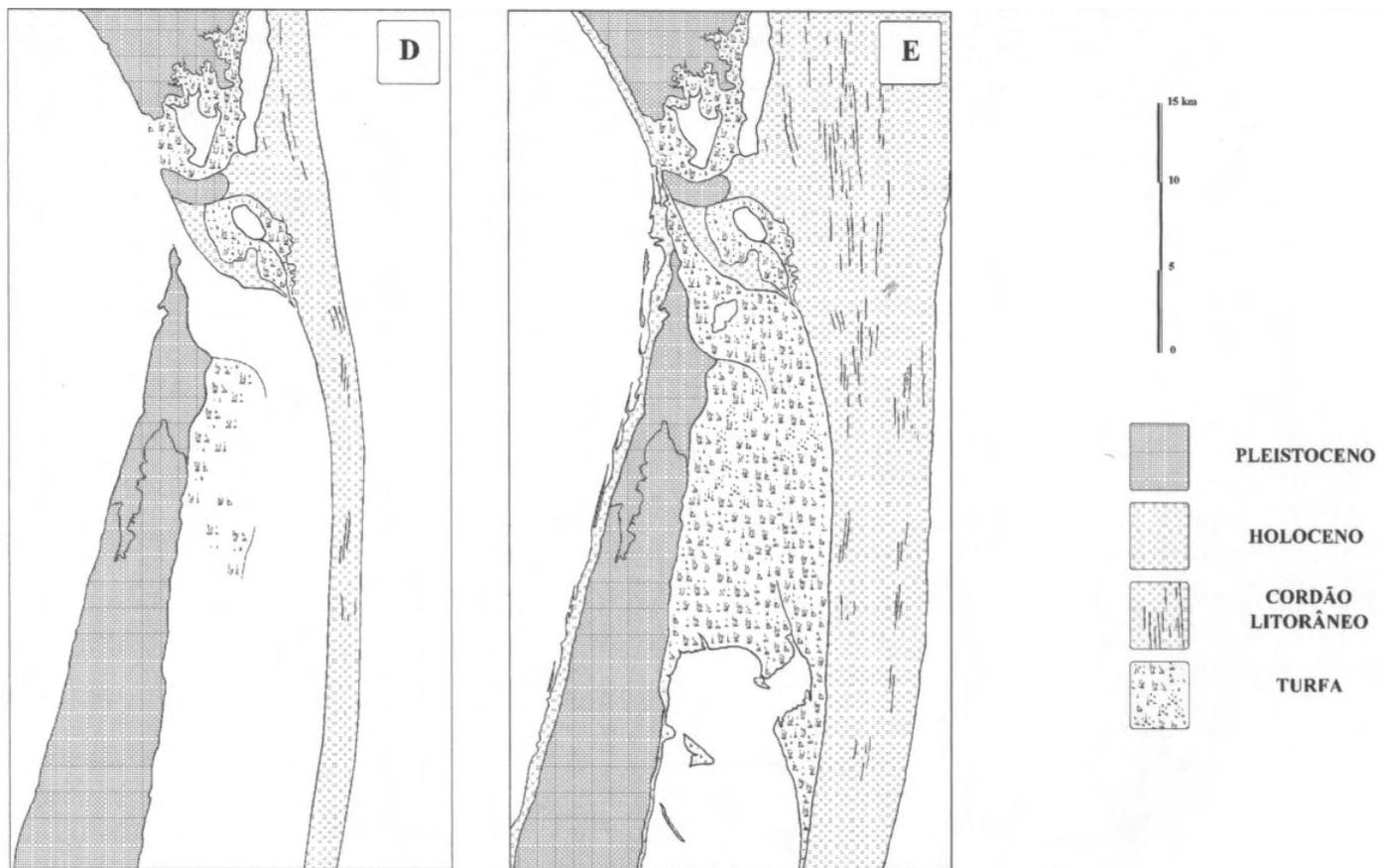


Figura 4.4.B. (Continuação) Detalhe do crescimento do crescimento do esporão de areia no Banhado do Taim. Fonte: BUCHMANN (1997).

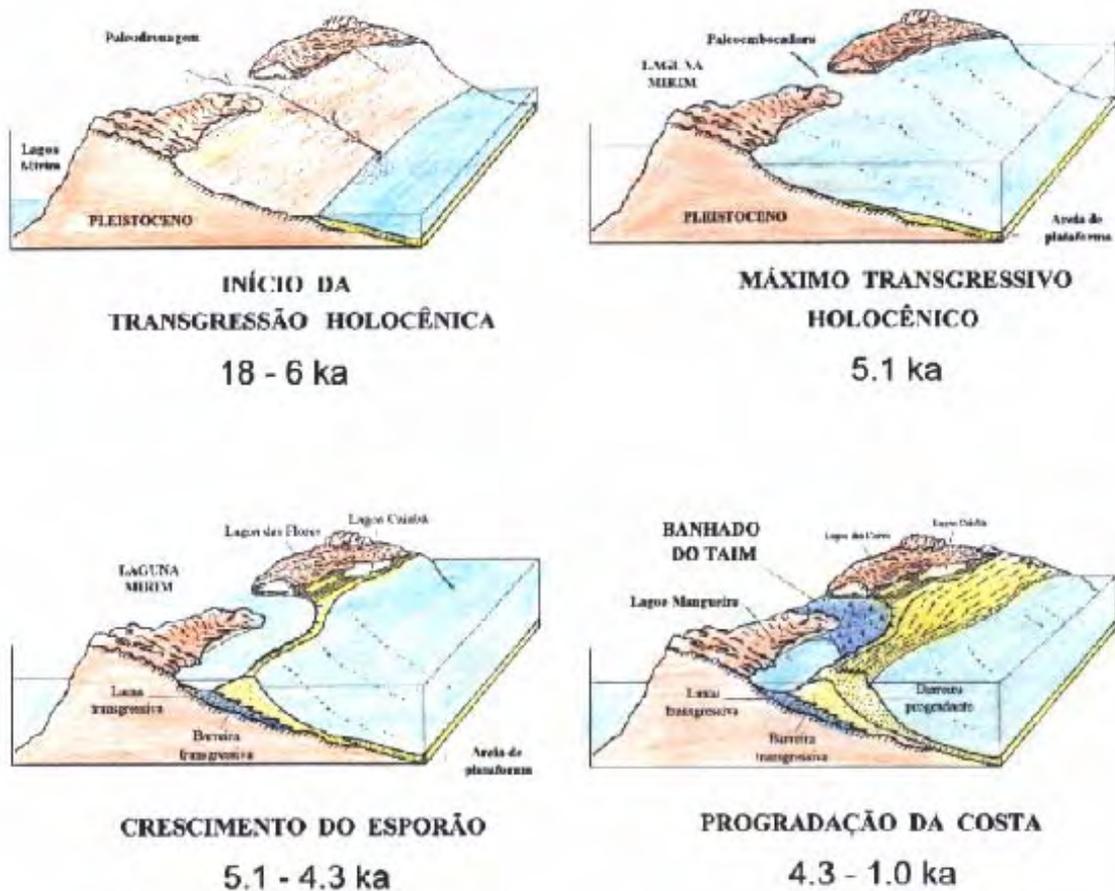


Figura 4.4.C. Modelo de evolução Banhado do Taim. Fonte: BUCHMANN (1997).

Os dados obtidos pelo DNOS (DNOS, 1966), são aparentemente consistentes com a fisionomia da paisagem a qual tem aspectos persistentes em todas estas imagens, onde aparentemente existe uma parte de cotas mais altas na porção correspondente a *amostra centro leste*, e uma outra parte de cotas mais baixas na porção correspondente a *amostra centro oeste* (Fig. 4.5.C).

O trabalho do DNOS (1966) faz referência as diferentes comunidades vegetais e níveis d'água associados. Abaixo, por sua importância e por serem as únicas informações disponíveis nesta área para o Banhado, são transcritos trechos da caracterização realizada neste trabalho.

Em relação à geologia e geomorfologia é comentado que:

“Os materiais litológicos que constituem a parte mineral dos solos do banhado são dois muito diferentes entre si:

- 1) uma camada de argilas, situada logo abaixo dos restos orgânicos- e
- 2) uma camada de areia fina.

Raramente existem interestratificações da areia com a argila, somente na margem Oriental do Banhado, o que pode ser atribuído a um efeito de recobrimento por depósito eólico, pois inclusive tal fenômeno de invasão de dunas móveis no Banhado, é observado atualmente.”

De fato, a fisionomia desta porção Leste do Banhado, presente em todas as imagens apresentadas neste trabalho, inclusive na fotografia aérea de 1975 (Fig. 4.1) é similar à fisionomia das dunas que margeiam a região. É visível nesta imagem a ação do vento Nordeste sobre o banhado onde alinhamentos nesta direção aparecem nas dunas e no interior do Banhado

Quanto à camada argilosa e sua gênese (Fig 4.5.D):

..“A camada de argila apresenta um espessura muito variável de uma para outra zona, ultrapassando a 2 m em alguns pontos e atingindo somente 10 cm em outros, e finalmente faltando em algumas áreas.

Esta distribuição não é caprichosa pois obedece a certas regras.

Na parte Norte do Banhado, perto da Lagoa Jacaré, a espessura é superior a 2m ao longo da Picada E (sondagens E-25, E-35, e suas proximidades).

Ao contrario, na zona Sul, desde o limite com a Lagoa Mangueira, a picada F, mais Meridional, não apresenta argila em nenhuma das sondagens realizadas ao longo de 3,5 Km. A picada D apresenta pouca espessura de argila (entre 20 a 40 cm) ao longo da mesma distância, situadas ambas na parte Ocidental do Banhado. Entretanto, as restantes sondagens na picada D, na parte Oriental, têm maior espessura de argila (40 a 80 cm). Nas outras 3 picadas centrais A, B, C se observa igual variação ao longo de cada uma, mas diminuindo, em geral, de W a E, de cada picada e de Norte a Sul de uma a outra picada.

Em síntese, a espessura da argila é maior na zona Oriental, ao longo de uma faixa que está separada do limite das dunas que fazem divisa com o Banhado nas zonas das fazendas São Pedro e Sarita, e dentro dessa faixa existe mais argila ao Norte que ao Sul, conforme se pode ver na planta anexa P-4.

Embora a densidade do estudo não permita um conhecimento exato dos fatos a título de primeira hipótese, pode-se atribuir a esta camada de argila uma origem sedimentar recente procedente das águas turvas da Lagoa Mirim, que em épocas de crescentes extraordinárias penetram no Banhado, e, segundo comunicação verbal do Dr. Averbek, abrem caminho através da Lagoa Mangueira até

romper o cordão de dunas que isola esta do Oceano para logo verter ao Atlântico.

A distribuição da espessura da camada de argila parece coincidir com a formulação geral desta hipótese: a água vinda da Lagoa Mirim penetrava e penetra ainda hoje no Banhado, através duma sanga entre as Lagoas Jacaré e Nicola. Corria principalmente pelo centro do Banhado até alcançar a Lagoa Mangueira. Como a velocidade era muito lenta através do Banhado, a argila em suspensão ia sedimentando em maior quantidade na zona de entrada e em menor na de saída. Contudo, a posição atual do fundo de maior espessura da argila não é central, mas isto se deve ao fato de que atualmente o sistema de dunas Orientais, da zona da Fazenda São Pedro –Sarita, está invadindo o Banhado e quase chega ao antigo Canal principal de passagem d'água.

Deve-se advertir que este esquema tão geral explica o mecanismo de depósito de argila, mas que em detalhe, existem numerosas aparentes exceções, que poderiam ser explicadas como resultado da irregularidade do fundo arenoso do Banhado, existindo muitos baixios dentro da antiga lagoa que tem provocado um variação da espessura da argila em detalhe.”....

Quanto ao fundo arenoso e sua gênese (Fig 4.5.E):

“Sem exceção, o fundo arenoso se apresenta em tôda a extensão do Banhado, conforme se ver na planta P-5, esta areia, quase sempre tem sido alcançada pelas sondagens, embora em algumas ocasiões não se pôde extrair amostras, pois por achar-se saturada de água não consistência e flui antes de se poder extrair uma amostra a certa profundidade.

De qualquer maneira isto não constitui grave inconveniente porque a dita areia tem se mostrado muito monótona e se obteve suficientes amostras dela.

Esta areia achas-se também perfeitamente classificada, não existindo tamanha maior de 0,2 mm, pois nos poucos casos em que a análise granulométrica mostra a sua presença (as vêzes até 11%) em todos os casos, menos em um, pôde-se atribuir a sua presença a um fator exógeno: a existência de conchas de moluscos em grande quantidade que têm sido observados nos trabalhos de campo. Os pequenos fragmentos de concha são os que aparecem na análise granulométrica como areia grossa, questão que a experiência tem mostrado em outras ocasiões.

...Êstes fundos arenosos entre profundidades de 2,00 e 3,50 m, segundo o critério do geólogo Dr. M. Sena Sobrinho, são de caráter marinho recente e foram formados por praias. Portanto, este material arenoso de classificação perfeita, originou-se do complexo e longo processo de transporte que sofreu. A natureza marinha está fora de dúvida, pois o referido autor, na obra resumida, cita um total de 18 fósseis achados em diversos pontos do Banhado do Taim, dos quais 15 são de caráter marinho”..

Quanto à configuração e topografia (Fig. 4.5.A):

Na sua situação atual, limitado de modo claro a Oeste pelo dique que o separa da Lagoa Mirim, sobre o qual se estende a Estrada Federal BR 471, sua forma é quase retangular, com dimensões máximas de 23 Km em sentido Norte –Sul e 8 Km no sentido Leste-Oeste. Todavia sua configuração é bastante irregular, já que no seu interior ficam perfeita e permanentemente

definidas duas lagoas de regular tamanho, a Nicola e a Jacaré. Por outro lado, a parte Norte que se denomina Pôlder n° 1, é bastante diferente quanto à configuração e solo, pois possui certas características de transição, devido à sua menor profundidade e à existência de amplas áreas que na atualidade estão quase sempre que permanentemente emergidas.Quanto ao limite oriental, é constituído por dunas que não são passivas, mas devido a direção em que avançam, afetam diretamente a integridade do Banhado. Nas sondagens realizadas próximas a tal limite, observa-se como a areia cobriu, atualmente, e em anteriores, a zona limítrofe, avançando Banhado adentro.

Assim, na sondagem A-0, achou-se uma espessura de 20 cm de areia cobrindo a camada orgânica, o que mostra uma invasão recente das areias eólicas, precisamente no ponto que a foto interpretação da fotografia aérea indicava previamente. Em outra sondagem próxima, a A-10, acha-se uma camada de areia entre os 250 e 270 cm de profundidade no meio da camada argilosa que se pode interpretar como um fato análogo ocorrido anteriormente, cuja data não é possível fixar com os dados disponíveis, mas que serve para constatar simplesmente a constância deste fenômeno. O mesmo ocorre em outro homólogo, o B-5 no qual a areia se acha no meio da argila entre os 190 e 210 cm de profundidade.....

...Quanto a topografia superficial conta-se com três alinhamentos transversais nivelados. Do seu estudo resulta que a superfície atual é muito plana...Os dados mais importantes vêm resumidos no quadro a seguir:

Picada	Comprimento	Desnível de Leste para Oeste
A	6500 m	0,31 m
B	7500 m	1,51 m
C	8500 m	1,46 m

Quanto a vegetação é citando neste relatório que as espécies vegetais responsáveis pelo grande acúmulo de matéria orgânica eram

“...Tiririca	<i>Cyperus rotundos</i>
Tiriricão	<i>Cyperus giganteus</i>
Aguapé	<i>Eichornia crassipes</i>
Aguapé de flor azul	<i>Eichornia azurea</i>
Junco	<i>Scirpus cernuus</i>
Grama Boiadeira	<i>Luziola leicarpa</i>
Palha de Santa Fé	<i>Zizaniopsis bonariensis</i>
Palha Brava	
Tradescântia	<i>Tradescantia zabrina</i>
Maria Mole	<i>Senecio brasiliensis</i>
Tabos	<i>Typha dominguensis</i> ”....

Palha Brava é o nome comum dado para *S. giganteus* na região do Taim. Nesta época, segundo esta fonte, a parte central do Banhado, tinha algumas áreas pequenas mais

elevadas de vegetação diferente mas que na maior parte a vegetação era monótona e pouco diversa constituída quase que na totalidade de Ciperáceas e “Zizanáceas”.

A Fig. 4.5.F mostra a espessura da camada turfosa (detritos vegetais pouco decompostos) no Taim segundo DNOS (1966).

Figura 4.5 .A. Localização das Sondagens realizadas no Taim. Fonte: DNOS (1966).

Figura 4.5.B. Localização das transecções para determinação da topografia no Banhado do Taim e localização da Taipa do Negreiros.

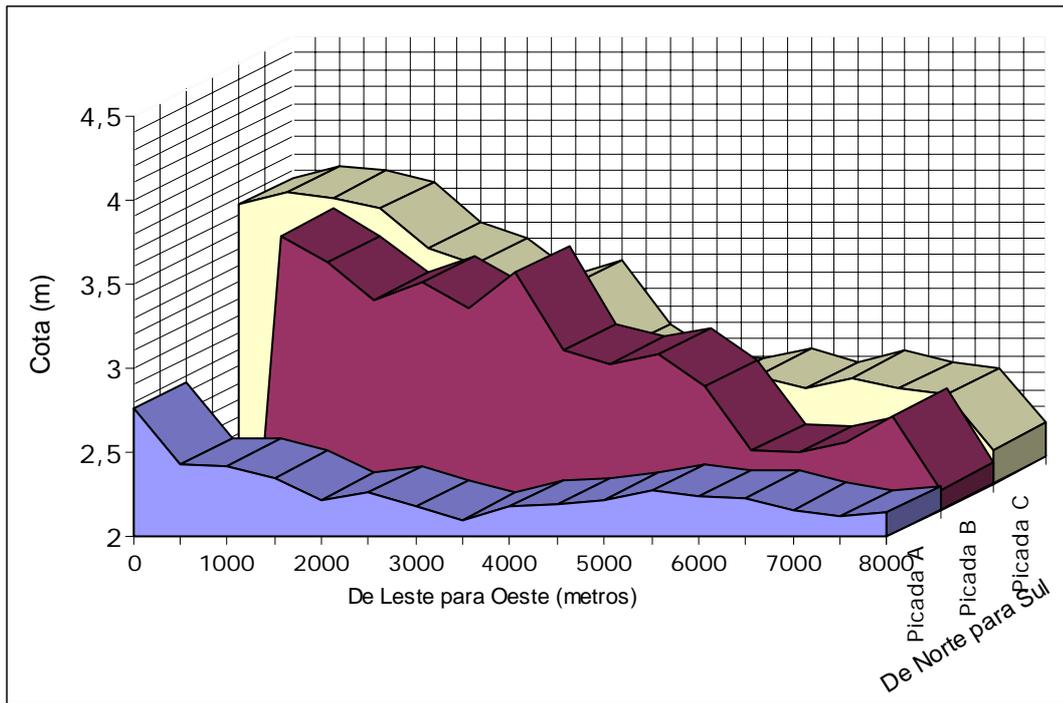


Figura 4.5.C. Levantamento topográfica no interior do Banhado. Fonte: DNOS (1966).

Figura 4.5.D. Espessura da camada de Argila no Banhado do Taim. Fonte: DNOS (1966).

Figura 4.5.E. Profundidade ao nível da areia Banhado do Taim. Fonte: (DNOS 1966).

Figura 4.5.F Espessura da camada turfosa no Banhado do Taim. Fonte: (DNOS 1966).

Segundo, MOTTA MARQUES (1997), VILLANUEVA (1997), e PAZ (2003), utilizando os dados do DNOS (1966) e outros obtidos nos trabalhos de pesquisa do projeto PELD na área, as curvas de nível do fundo do Banhado seriam aproximadamente como pode ser visualizado na Fig. 4.6.A

O autor (PAZ, 2003) do referido modelo numérico do terreno (MNT), gerado utilizando-se o método geoestatístico de Krigagem, ressalta que considera os dados utilizados para a elaboração do mesmo de qualidade duvidosa dada a dificuldade de investigação no Banhado em função da densidade de macrófitas.

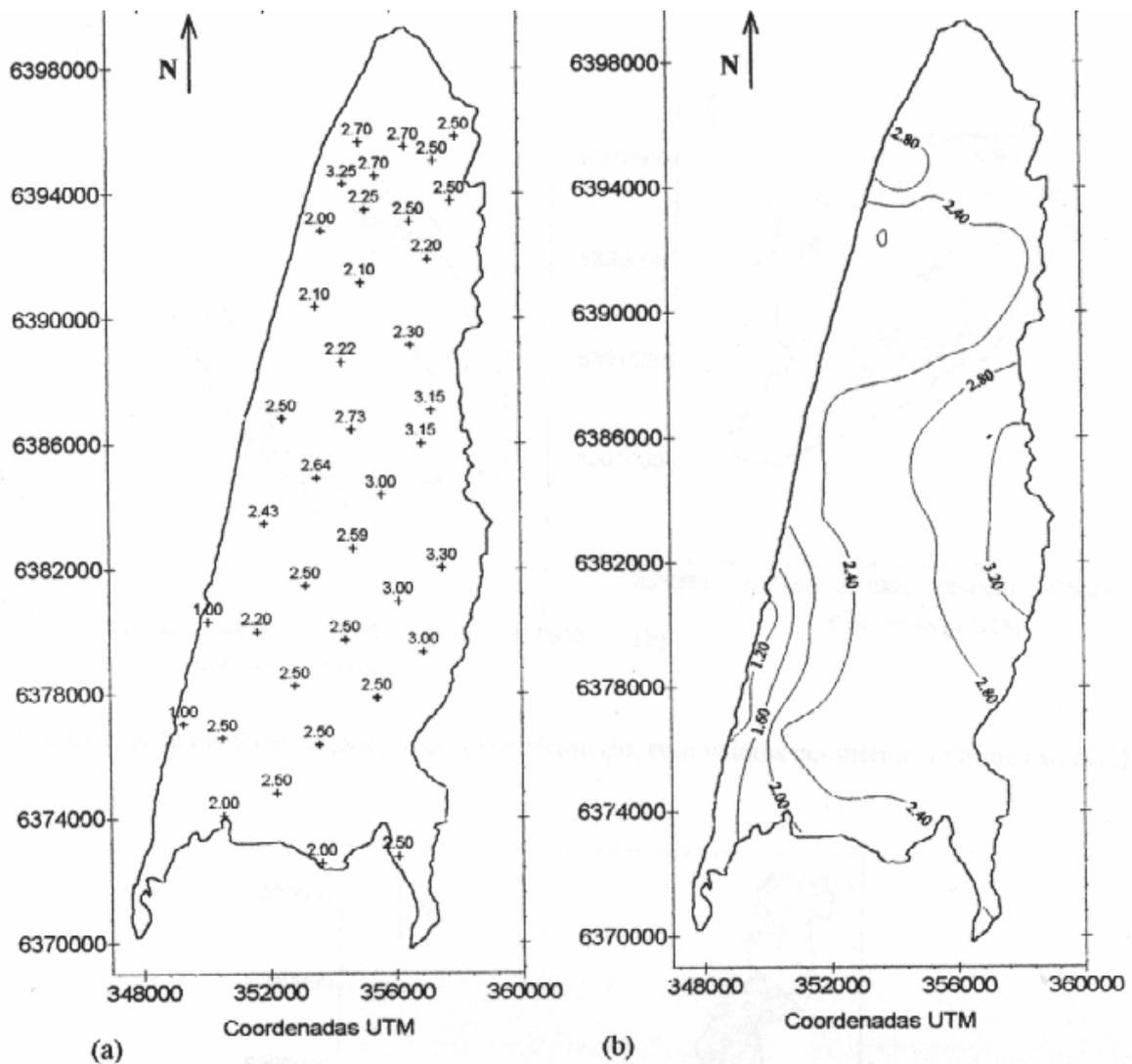


Figura 4.6. Modelo de curvas de nível do Banhado do Taim. Fonte: PAZ (2003).

Entretanto, como pode ser observado nas composições coloridas de diversas datas (Fig. 4.2) e classificações (Fig. 4.3), estas possuem feições características, persistentes e recorrentes, as quais possuem relação aparente com este MNT proposto por PAZ (2003).

Estes padrões identificados na paisagem do Banhado, relacionados provavelmente à vegetação, gradientes topográficos (nível d'água) e edafológicos, são previsíveis e justificáveis pelas relações conhecidas entre macrófitas aquáticas e regime hídrico. Assim, em banhados a fisionomia da paisagem, reflexo da distribuição das diferentes populações e comunidades vegetais, possui sempre, inevitavelmente, relação direta com o nível d'água decorrente da topografia.

Isto porque as populações de espécies diferentes desenvolvem-se e são adaptadas a diferentes profundidades d'água. No Banhado do Taim, nos trabalhos de campo foram observadas seis comunidades ou populações de vegetação, quatro tendo como espécies dominantes quatro diferentes macrófitas aquáticas emergentes (enraizadas), quais sejam: (i) *Scirpus californicus*, (ii) *Zizaniopsis bonariensis*, (iii) *Scirpus giganteus* e (iv) *Cladium jamaicensis*. A quinta comunidade sendo constituída de espécies flutuantes (composta principalmente por *Salvinia* spp. *Ludwigia* spp., Ciperáceas epífitas sobre flutuantes, *Eichornia* spp) e a sexta, uma população de *Sagítaria montevidensis*, observada na expedição de janeiro de 2001, em mono-estandes com quilômetros de extensão, no sul do Banhado, ao longo dos canais, e nas partes abertas sem emergentes, rasas e lamosas que são expostas quando as águas baixam no final do verão.

O desenvolvimento da *S.montevidensis* provavelmente é oriundo de sementes que germinam somente quando as condições de nível d'água são favoráveis. Em experimento de germinação do banco de sementes de substratos coletados no sul do Banhado por GIOVANNINI & MOTTA MARQUES (em elaboração), na primeira expedição realizada em fevereiro de 1999, foi

possível comprovar a germinação e desenvolvimento de diversas espécies de macrófitas anuais em substrato retirado das partes emersas e lamosas já referidas, onde foi contatado a *S. montevidensis* em 2001, e também em substrato retirado de raízes de *Z. bonariensis* crescendo em pequenos mono-estandes na interface do Banhado com a Lagoa Mangueira. As macrófitas identificadas no banco de sementes destes locais foram:

- *Bacopa monieri*
- *Boemeria sp.*
- *Budleia sp.*
- *Cleome trachicarpa*
- *Cyperus odoratus*
- *Eleocharis sp.*
- *Geranium robertianum*
- *Hidrocotyle ranunculoides*
- *Hidrocotyle verticilata*
- *Juncus sp.*
- *Lileopsis sp.*
- *Ludwigia spp.*
- *Luziola peruviana*
- *Margerit carpus*
- *Mikania cf. cordifolia*
- *Poligonum hidropiperoides*
- *Pontederia cordata*
- *Reucia rotundifolia*
- *Sagítaria montevidensis*

Com exceção da *S. montevidensis*, conforme relatado, nenhuma outra destas espécies foi verificada em populações extensas no Banhado, nas áreas visitadas. Contudo considerou-se que havendo as condições de rebaixamento do nível d'água, com exposição do substrato ou com lâminas d'água rasas, conforme foram testadas nas condições do experimento, existe a possibilidade de intensa germinação destas espécies. A dominância específica ou as comunidades que possam se formar dependerá das características auto-ecológicas de cada

uma e do potencial de competição interespecífica que possuem. Não existem dados no sentido de gerar expectativas sobre o possível desenvolvimento destas espécies a não ser o que pode ser comprovado com a *S.montevidensis*. O que pode ser considerado é que algumas áreas de bordas e manchas de elevado NDVI obtidas em diversas datas nesta região considerada (discutido no próximo item), possam ser decorrentes da alta taxa de crescimento e da cobertura vegetal de espécies anuais.

Entretanto, as 3 grandes comunidades de interesse que dominam o Banhado são as de *S.californicus*, de *Z.bonariensis*, e de macrófitas flutuantes. *S.californicus*, *Z.bonariensis* e macrófitas flutuantes desenvolvem-se e competem entre si em profundidades geralmente maiores do que 0,2 m. *S.giganteus* e *C.jamaicensis*, assim como qualquer outra ciperácea emergente (enraizada), que ocorre no Banhado que não o *S.californicus*, por exemplo o *Cyperus giganteus*, desenvolvem-se exclusivamente em áreas de águas muito rasas (em geral oscilando de 0 até 0,2 m de lâmina d'água), podendo eventualmente suportar por um período curto (semanas) algum alagamento maior. Estas águas rasas foram observadas na porção mais a leste da área de estudo chamada centro leste, e na porção mais ao sul do Banhado, na interface com a Lagoa Mangueira. Neste último local, duas condições suportam o desenvolvimento de *S.giganteus*, a primeira são areias lamosas com água rasa a sudeste do Banhado, e a segunda são imensas massas flutuantes, turfosas, de raízes e restos orgânicos, tipo *Tremendais*, que sustentam sobre si o crescimento de plantas como o *S.giganteus* em áreas de nível d'água mais profundo, onde normalmente este não teria chances de sobrevivência.

Todas estas espécies suportam intervalos de oscilações do nível d'água por períodos variáveis. As características sazonais de inundação definem quais comunidades persistentes em uma dada região do Banhado. Assim, não se pode considerar um nível d'água estático, mas devem-se considerar intervalos característicos em que este nível d'água pode oscilar

sazonalmente. As comunidades de *S.californicus*, por exemplo, podem suportar, por períodos muito longos, condições de solo seco variando até condições em profundidades maiores que 2 m, desde de que a planta possua uma porção emergente, não submersa, com capacidade para realizar fotossíntese. Assim se a elevação do nível for gradual, como o é quando afetada pelas estações do ano, e tendo a planta o tempo necessário para alongar-se e permanecer parcialmente emersa, a mesma pode sobreviver mesmo que a profundidade chegue a condições não ideais à sobrevivência.

As diferentes espécies contudo possuem capacidade distintas de resposta à elevação do nível d'água. *S.californicus* é a espécie observada no Banhado que mais possui esta capacidade de alongamento, seguida de *Z.bonariensis*. Embora no *S.californicus* este alongamento seja restritivo à brotação de novas hastes, o que por fim tende a diminuir a densidade de hastes em profundidades maiores se comparado com baixas profundidades.

As outras espécies, *S.giganteus*, *C.jamaicensis*, não possuem qualquer capacidade de sobrevivência prolongada em profundidades maiores do que 0,2. Mesmo que possuam uma grande porção emersa. Uma das razões para isto, quando considerando profundidades maiores que 0,2 mas ainda rasas (menos que 0,5 m), é a menor capacidade que possuem de competição neste ambiente com espécies como *S.californicus*, *Z.bonariensis* e *Typha* spp., as quais possuem crescimento vigoroso e altamente competitivo nestas circunstâncias.

Esta possibilidade de competição está sempre disponível no Banhado com uma reserva natural a uma possível mudança no regime hídrico. Isto pode ser observado na parte rasa, já referida, centro leste do Banhado, onde em algumas partes todas estas espécies coexistem misturadas em profundidades entre 0,2 m e 0,5 m, 200 m ao sul ao longo da taipa do Negreiros (Fig. 4.5.B), havendo uma diferenciação para mono-estandes de *S.giganteus* e *C.jamaicensis* em profundidades menores que 0, 2 m e para *S.californicus* e *Z.bonariensis* em

baixos e buracos com profundidades maiores.

No Banhado do Taim aparentemente estas duas últimas espécies são ameaçadas somente uma pela outra e por espécies de macrófitas flutuantes, não enraizadas e capazes de sobreviver qualquer profundidade de nível d'água, desde de que de baixas velocidades ou paradas. Assim, conforme o nível d'água sobe, e sendo as condições de velocidade baixas, como o são no Banhado, estas flutuantes desenvolvem-se no meio dos estandes das macrófitas emergentes *S.californicus* e *Z.bonariensis* e em espaços abertos entre estes, impedindo que a luz penetre na água, e competindo em situação mais favorável do que as plantas enraizadas.

Esta hipótese gerada pela observação no Banhado do Taim, foi testada por GIOVANNINI & MOTTA MARQUES (em elaboração), em ensaios de competição entre as espécies *S.californicus* e *Salvinia* spp., sob diversos níveis d'água, onde se evidenciou significativa redução do desenvolvimento do *S.californicus* sob níveis crescentes de densidade populacional de *Salvinia* spp, para qualquer nível d'água.

Neste experimento diversos fatores possivelmente associados, relacionados a características físico-química da água e substrato, foram monitorados para evitar confundimento de fatores, e concluiu-se que a explicação mais plausível para os efeitos inibitórios da flutuante sobre a emergente, seria a diminuição da penetração da luz na lâmina d'água impedindo o desenvolvimento de hastes novas de *S.californicus*, já que estas brotavam mas desenvolviam-se pouco, estioladamente (cloróticas), se comparadas aos brotos nascidos sob mesmas condições porém no tratamento sem *Salvinia* spp..

A competição entre *Salvinia* spp. (e outras flutuantes associadas) e *S.californicus* é visivelmente muito mais comum no Banhado do que a competição entre estas flutuantes e *Z.bonariensis*. Embora esta última parece ser incapaz de avançar seus mono-estandes sobre uma área dominada por flutuantes. O que não pode ser evidenciado é se a flutuante está

ocupando um espaço livre deixado pelo *Z.bonariensis*, por alguma condição de natureza do substrato ou profundidade d'água, ou se esta está efetivamente impedindo o *Z.bonariensis* de avançar.

Em relação à competição das flutuantes, especialmente a *Salvinia* spp., com o *S.californicus*, é evidente e observável no Banhado a vantagem competitiva que aquelas possuem sobre este último e as áreas que disputam. Ao mesmo tempo em que o *S.californicus* serve de ancoradouro e proteção às flutuantes contra o movimento das águas, por ter proporcionalmente menor densidade de folhas nestas condições de profundidades crescentes, permite também uma grande penetração de luz.

Estas comunidades e populações de (i) *S.californicus* e flutuantes, (ii) *Z.bonariensis* e flutuantes, (iii) *Z.bonariensis* e, (iii) flutuantes, encontram-se entremeadas como manchas, como partes de um mosaico, nas áreas mais profundas do Banhado (conforme MNT Fig. 4.6.A) especificamente a oeste, ao longo do Canal do Banhado e na porção central abaixo da Lagoa Jacaré, sendo identificadas nas análises de agrupamento das composições NDVI (trance.), pelos grupos de vegetação com NDVI mais baixo (discutido a seguir, no próximo item) . Sendo que provavelmente o NDVI das comunidades de *S.californicus* é ainda menor do que o NDVI das comunidades ou mono-estandes de *Z.bonariensis*. Esta diferença de NDVI é considerada a partir do que pode ser evidenciado nas observações de campo no Banhado, onde se constatou que em geral o *Z.bonariensis* possui uma densidade muito maior de folhas verdes do que *S.californicus*, sendo que este último ainda permite uma maior proporção de flutuantes em suas comunidades as quais durante épocas específicas, estão queimadas pelas geadas, além de serem compostas por diversas espécies com outros pigmentos que não clorofila (por exemplo *Ludwigia* spp.), ou por espécies que ao atingirem um certo desenvolvimento passam a senescer e produzir matéria orgânica morta (*Salvinia* spp. *Eichornia* spp. e Ciperáceas epífitas que vivem sobre as outras flutuantes).

Em simulação realizada por PAZ (2003), são apresentadas 3 possibilidades de escoamento em função do nível d'água no Banhado (Fig. 4.7), onde em cada situação são simuladas diferentes proporções alagadas e não alagadas do Banhado. A porção alagada (branca) da figura (a) seria aproximadamente a localização no Banhado das comunidades e populações de *S.californicus*, *Z.bonariensis* e flutuantes acima descritas as fotos (Fig. 4.8, 4.9 e 4.10) obtidas por sobrevôo da região em dezembro de 1995 mostram a fisionomia desta paisagem.

A porção cinza, centro leste na figura (b), seria a localização das comunidades de águas rasas constituídas principalmente por *C.jamaicensis*, e *S.giganteus*, contudo podendo ter populações ou comunidades de *S.californicus* e *Z.bonariensis* e flutuantes. A Fig. 4.11 mostra a porção sul do banhado próxima a interface com a Lagoa Mangueira.

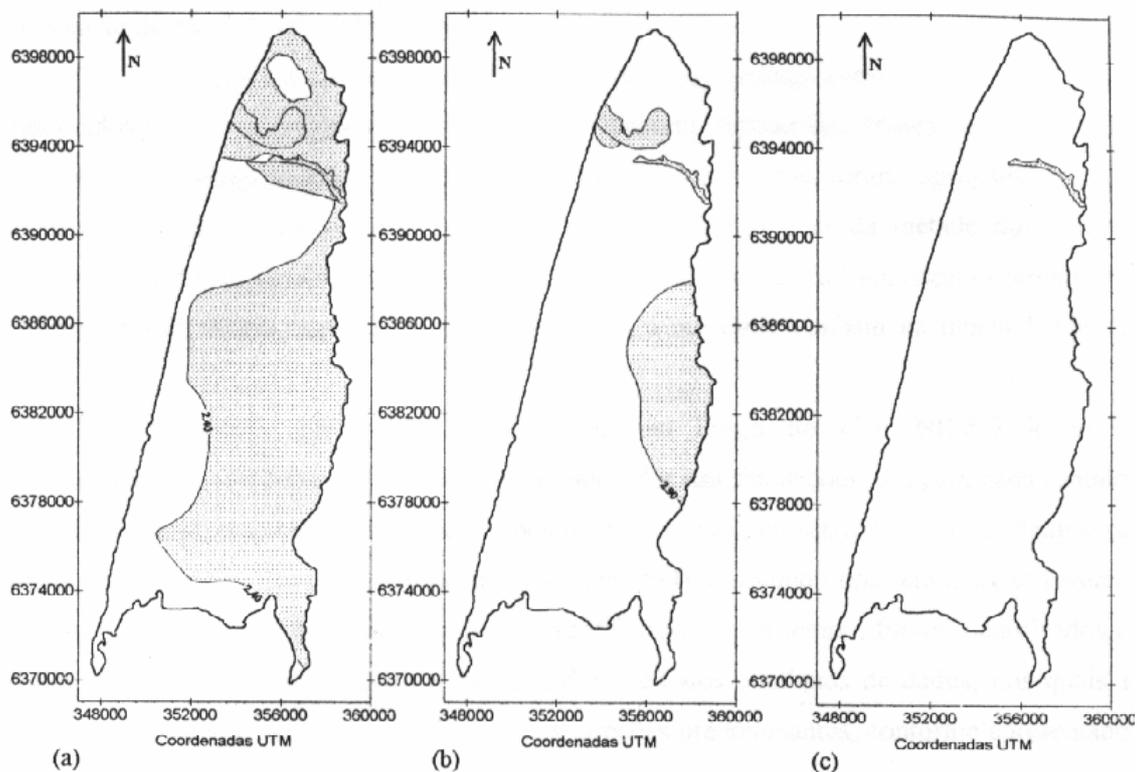


Figura 4.7. Três possibilidades de escoamento no Banhado do Taim em função dos níveis d'água. Fonte: PAZ (2003).

Figura 4.8. Fisionomia da paisagem composta por comunidades e populações (mono-estandes) de *S.californicus*, *Z.bonariensis* e flutuantes na região centro norte do Banhado, acima do canal da Sarita e abaixo da Lagoa Jacaré. Foto tirada em 1995 por Eduardo Mediondo.

Figura 4.9. Fisionomia da paisagem composta por comunidades e populações (mono-estandes) de *S.californicus*, *Z.bonariensis* e flutuantes na região centro norte do Banhado, acima do canal da Sarita e abaixo da Lagoa Jacaré. Foto tirada em 1995 por Eduardo Mediondo.

Figura 4.10. Fisionomia da paisagem composta por comunidades e populações (mono-estandes) de *S.californicus*, *Z.bonariensis* e flutuantes na região centro oeste do Banhado, abaixo do canal da Sarita. Foto tirada em 1995 por Eduardo Mediondo.

Figura 4.11 Fisionomia da paisagem composta por comunidades e populações (mono-estandes) de *S.californicus*, *Z.bonariensis* e flutuantes na região sul do Banhado, próximo a interface com a Lagoa Mangueira. Foto tirada em 1995 por Eduardo Mediondo.

Análise de semivariância da variável NDVI

Os resultados obtidos da variografia sobre as composições NDVI nas sub-regiões escolhidas para o estudo chamadas (i) centro leste, (ii) centro oeste, e (iii) sul, são apresentados e discutidos a seguir. Para facilitar a discussão abaixo é feito breve resumo da estrutura de apresentação dos resultados.

A variação do NDVI (transf.) em toda a área do Banhado e nas áreas específicas de estudo da análise da semivariância, para cada data, está apresentada na Tab. 4.1. A distribuição dos píxeis nos diferentes grupos obtidos da classificação não supervisionada do NDVI, para cada data, tanto para a área total do banhado como para os locais de desenvolvimento da variografia está apresentado na Tab. 4.2.

Os mapas de NDVI seguidos dos mapas de NDVI agrupados em classes, para toda a região do Banhado, para cada data, são apresentados das Fig. 4.12.A e 4.12.B de jul-1987 até as Fig. 4.21.A e 4.21.B de out-2003.

Os resultados para a variografia, para cada região de estudo, para cada data, são apresentados em quatro conjuntos, constituídos cada um seqüencialmente de (i) mapa de localização da amostra, (ii) Tabela resumo dos parâmetro dos semivariogramas (efeito pepita, alcance, patamar, percentual da variância atribuído à continuidade espacial e percentual da variância atribuído ao efeito pepita), (iii) imagens NDVI e grupos de NDVI da amostra específica, (iv) variograma das direções em que a semivariância alcança patamar e variograma das direções sem patamar, e (v) mapa da variografia em todas as direções com variogramas a cada 5°, de 0° a 175°. Para a amostra chamada centro total, entretanto, somente são apresentados o mapa de

localização e estes últimos mapas da variografia. Assim, os resultados da área de estudo centro leste são apresentados da Fig. 4.22 até a Fig. 4.61, os resultados da área centro oeste, da Fig. 4.62 até a Fig. 4.95, os resultados da área chamada centro total, da Fig. 4.96 até a Fig. 4.108, e por fim os resultados da área sul são apresentados da Fig. 4.109 até a Fig. 4.139.

Vários trabalhos analisaram tendências e padrões de vegetação em áreas alagadas através da análise da variação do NDVI ao longo do tempo e do espaço (RAMSEY III ET AL., 2002; NARUMALANI et al., 1999; MEDIONDO, 2000). Contudo, a análise da variabilidade espacial do NDVI através de variografia utilizando-se a técnica geostatística de semi- variogramas, em áreas alagadas tipo banhados vegetados por macrófitas aquáticas, tem sido pouco reportada (LIN & TENG., 2000; SISKÁ & HUNG., 2001).

A análise preliminar da imagem de sensoriamento remoto com a realização de composições NDVI e classificações permite o mapeamento de possíveis estruturas de vegetação, com possibilidade de serem analisadas posteriormente por análise da semivariância para verificação da variabilidade interna e externa nestes estratos. O objetivo deste estudo de variabilidade não é o de modelagem da variação para o uso do modelo com fins de estimar dados não coletados nesta superfície. O objetivo é o de obter dados sobre a dependência espacial e poder propor a amostragem mínima de variáveis a campo, de forma que as unidades amostrais sejam independentes e suficientes.

O porquê a modelagem geostatística não é focada neste estudo pode ser entendido considerando-se que esta, pelo ajuste de *semivariogramas teóricos*, tem por objetivo dar

uma estimativa das propriedades de uma população, e não somente uma estimativa das propriedades de uma amostra desta população, a amostra já é descrita pela análise de semivariância da amostra, pelos *semivariogramas experimentais* (ANCTIL ET. AL., 2002). No presente estudo as “amostras” são tratadas como toda a população de interesse. Com a ressalva que esta se refere a uma população de elementos sintéticos, indiretos, que embora representem elementos físicos, no caso vegetação, não são os dados reais de campo da variável de interesse e não tem uma correlação perfeitamente definida com estes. Neste sentido, a questão a ser considerada na variografia do NDVI é a coleta de informações para definição preliminar de um esquema de amostragem para a região específica onde foi realizada análise a análise do NDVI, considerando a hipótese de que esta variável pode estar bem correlacionada com possíveis variáveis a serem amostradas a campo, por exemplo: tipos de comunidades ou populações, biomassa vegetal, e taxa de crescimento de populações.

A variografia experimental, para todas as direções da amostra, representa a variabilidade desta população de ND (números digitais) de NDVI. A modelagem neste caso, para estimar um valor desconhecido em um ponto não amostrado, não tem sentido especificamente para esta variável NDVI, já que todos os elementos desta população já são conhecidos. Contudo, modelos obtidos a partir da variografia do NDVI podem vir a ser usados para estimar valores em pontos não amostrados de outras variáveis de interesse que estejam sendo amostradas a campo, desde de que suas relações com o NDVI sejam estabelecidas.

Os pontos investigados neste trabalho e considerados nos resultados de classificação e variografia referem-se à (i) identificação de padrões espaciais, (ii) indicação de gradientes físicos e (iii) identificação de populações ou comunidades vegetais,

consubstanciados sob uma perspectiva temporal. Uma vez identificados, tais aspectos são fundamentais para a definição preliminar dos estratos de amostragem e do esforço amostral necessário.

A classificação em imagens de área alagadas utilizando-se as três bandas espectrais do Landsat TM (3, 4 e 5) pode refletir em seus agrupamentos condições de gradientes topográficos e espessura de lâmina d'água, contudo isto, apesar de confundir intrinsecamente os fatores água solo e vegetação, não confunde da mesma forma a interpretação dos resultados, pois se espera que nestes ambientes os referidos gradientes estejam necessariamente associados a comunidades vegetais características tais como hidroseries. Isto porque, a especialização das diferentes espécies vegetais de ambientes de banhados (macrófitas aquáticas) para sobreviver em diferentes níveis d'água é o que define os tipos de espécies que vão compor uma determinada comunidade em um dado local.

Amostra Centro leste

Os variogramas apresentados mostram as direções da variografia onde a semivariância encontra, ou não encontra, um *patamar* final para um dado *alcance* na amostra considerada. Todos as datas para esta região aqui chamada “amostra centro leste” apresentaram anisotropia tanto geométrica (diferença no alcance em função da direção avaliada), como zonal (diferença no patamar da variância em função da direção considerada) (Tab.4.3). No ajuste de modelos teóricos (não apresentados aqui) aos variogramas experimentais que não apresentavam tendência de crescimento indefinido, e para aqueles de dados corrigidos, a anisotropia a ser considerada para o ajuste do modelo teve no máximo o valor 2, o que é considerado ainda uma anisotropia leve.

Todas as datas analisadas mostraram se enquadrar em dois grupos principais quanto às direções dominantes da anisotropia. Uma das tendências, aquela presente nas datas de:

- mai/95 (Fig. 4.26, 4.27 a 4.29),
- dez/95 (Fig. 4.31, 4.32 e 4.34),
- mar/97 (Fig. 4.39, 4.40 e 4.42),
- set/99 (Fig. 4.44, 4.45 e 4.47),
- fev/00 (Fig. 4.49, 4.50 e 4.52),
- jan/02 (Fig. 4.57, 4.58 e 4.60),

mostrou estabilização da semivariância na direção Norte-Sul com certa inclinação para Noroeste. A direção, nestes casos, onde a variografia em geral mostrou crescimento indefinido da semivariância, foi Leste-Oeste com alguma inclinação para Sudoeste. Uma característica deste grupo de datas é que para a maior parte das direções os variogramas não alcançaram um patamar de variância. Ou seja, apresentaram nestas direções uma maior continuidade espacial, supostamente para além das fronteiras da amostra. Para este grupo de datas as direções de patamar e o alcance foram (Tab.4.3):

- mai/95: 100° a 125° - 1000 a 1600, com menor alcance entre 120-125° ;
- dez/95: 65° a 105° - 700 a 1600 m, com menor alcance entre 90-100°;
- mar/97: 65° a 120° - 700 a 1600 m, com menor alcance em 95°;
- set/99: 90° a 130° - 800 a 1600 m, com menor alcance em 120°;
- fev/00: 85° a 120° - 1300 a 1600 m, com menor alcance entre 100-115°;
- jan/02: 85° a 135° - 1250 a 1600 m, com menor alcance entre 115-125° .

O outro grupo, das datas de...

- jul/87 (Fig. 4.23, 4.24 e 4.25),
- jul/96 (Fig. 4.36, 4.37 e 4.38),
- ago/00 (Fig. 4.49, 4.50 e 4.52),

...apresentou patamar na maioria das direções, contudo, com continuidade espacial para além dos limites da amostra em uma pequena faixa na direção Nordeste-Sudoeste. Para estas datas as direções de patamar e o alcance foram (Tab. 4.3):

- jul/87: 90° a 80° - 1140 a 1600 m, menor alcance em 10-15°;
- jul/96: 90° a 55° - 950 a 1600 m, menor alcance em 175°;
- ago/00: 85° a 235° - 900 a 1600 m, menor alcance entre 125-130°;

A exceção foram os variogramas da data de 17/10/03 (Fig. 4.62, 4.63 e 4.64) que apresentaram pouca anisotropia e patamar em todas as direções com um alcance relativamente curto variando de 650 a 1450 m. com o menor alcance entre 110-120° (Tab. 4.3).

No primeiro grupo, com continuidade espacial maior na direção principal Leste-Oeste, a explicação está no gradiente de NDVI nesta direção. A estrutura a espacial decorrente esta perfeitamente visível na classificação inicial (Fig. 4.3) assim como na classificação do NDVI de todas aquelas datas (Fig. 4.26, 4.31, 4.39, 4.44, 4.49 e 4.57), onde os grupos praticamente não se repetem ou intercalam.

Uma razão para este gradiente de NDVI poderia ser dada diretamente pelo gradiente topográfico gerando um gradiente de nível d'água, com uma resposta de fundo a qual interferiria na resposta espectral da vegetação. Contudo, espera-se que na direção Leste-Oeste o nível d'água se aprofunde (ver Fig.4.5.C) o que nesta suposição, de resposta de fundo da água, geraria uma resposta de NDVI decrescente e não uma resposta crescente de leste para oeste como é observado.

Outra possibilidade de causa para a resposta crescente nos valores de NDVI na direção Leste-Oeste, nestas datas, seria o estágio fenológico específico de cada um dos constituintes daquela vegetação. Em diversas campanhas realizadas na região, no ano de 2000, ao longo da chamada taipa do “Negreiros” (Fig. 4.5.B), que entra no banhado aproximadamente 4 Km (visível nas composições de NDVI), pôde ser observado que as

espécies ocorrentes naquele local são *Cladium jamaicensis*, *Scirpus giganteus*, *Scirpus californicus*, *Typha* sp. *Zizaniopsis bonariensis* e *Salvinia* spp.

Estas espécies, com exceção do *Z.bonariensis* e *Salvinia*, podem produzir abundante quantidade de inflorescências e sementes na primavera e verão, as quais podem persistir em parte do outono. Outra característica que cabe ressaltar, relacionada a esta condição fenológica, de florescimento e frutificação nas macrófitas aquáticas enraizadas, é que esta condição é mais freqüente em níveis de água mais baixos do que em níveis de água mais altos. Ou seja, nesta amostra apesar de poder existir um gradiente de níveis d'água crescentes de Leste para Oeste a resposta espectral neste caso pode ser gerada por níveis decrescentes de produção de sementes.

Outro aspecto é evidenciado na observação da condição apresentada em out/2003 quando a condição de inundação foi provavelmente a mais crítica já observada no Banhado, e que provavelmente se encaixa na condição (c) da Fig. 4.7, na simulação de inundação de PAZ (2003). Nesta data é observado um incremento, em zonações, no NDVI (transf.) desta área (Tab 4.1 e 4.2), com ocorrência de valores na maior parte acima de 121 e até 179. Um aumento do nível d'água nesta região provavelmente impediu a floração das ciperáceas e *typha* sp. e aumentou a taxa de crescimento vegetativo das espécies capazes de resposta como *S.californicus*, *Z.bonariensis* e *Typha* sp., além de permitir uma grande infestação de flutuantes como *Salvinia* spp. e *Pistia stratiotes*. A manutenção do gradiente positivo de NDVI, consistente com as direções de crescimento persistente da semivariância observadas na variografia, provavelmente indica o desenvolvimento de comunidades ou populações distintas desenvolvendo-se como hidroserie e avançando nestas direções.

O planejamento de amostragem nestas condições deve considerar então um esforço na direção do gradiente denso o suficiente para pegar todas as variações ao longo do mesmo, de forma a caracterizar toda as fases deste, e um esforço mínimo possível dentro das fases de forma a manter a representatividade. O alcance observado naquelas direções opostas ao gradiente, e provavelmente dentro dos estratos, deve ser considerado como a distância mínima entre pontos de amostragem para que as amostras sejam consideradas independentes e possam ser analisadas por uma análise paramétrica estatística normal.

Considerando-se que esta anisotropia observada no primeiro grupo de datas citado, poderia ser efetivamente decorrência de um gradiente abiótico (topografia, nível d'água), com resposta variável, sazonal, da cobertura vegetal considerou-se que, como teste, poderia ser conveniente retirar esta variabilidade de grande alcance dos dados e verificar o resultado. Também, porque tal anisotropia geométrica e zonal, variável no tempo, e com poucas direções em que a semivariância alcança um patamar, poderia estar indicando uma não estacionariedade da média da variável, necessária esta para a aplicação da análise de semivariância com fins de modelagem. Assim, foi realizada análise dos dados com remoção da tendência em naqueles variogramas que se apresentaram similares ao tipo referido por CURRAN (1988), como *sem patamar (unbounded)*, o que aconteceu nas datas de:

- mai/95 (Fig. 4.28 e 4.30);
- dez/95 (Fig. 4.33 e 4.35);
- mar/97 (Fig. 4.41 e 4.43);
- set/99 (Fig.4.46 e 4.48);
- fev/00 (Fig.4.51 e 4.53);
- jan/02 (Fig. 4.59 e 4.61).

Os variogramas obtidos dos dados transformados deste grupo de datas, mostraram uma resposta bastante parecida com a resposta original, dos dados não transformados, do segundo grupo de datas (jul/87, jul/96, ago/00 e out/03), em relação às direções de anisotropia, e em relação a forma do variograma os quais passaram de *unbounded* para o tipo *clássico-periódico*. Isto pode indicar que um possível gradiente associado a sazonalidade foi efetivamente removido. Contudo, esta remoção da suposta tendência não parece ter qualquer sentido prático com fins de planejamento de amostragem. Neste sentido é necessário que investigações de campo esclareçam melhor o sentido ecológico desta variabilidade.

Neste segundo grupo (jul/ 87 e jul/ 96, ago/00 e out/03) de data principalmente de inverno, o gradiente observado nas outras datas de primavera, verão e outono, foi amenizado, assim como a anisotropia. Neste segundo grupo, para a maior parte das direções, a semivariância encontra um patamar. Os variogramas apresentam um comportamento tipo o *clássico-periódico* o qual segundo CURRAN (1988), pode representar uma característica (padrão) recorrente na paisagem. Este padrão recorrente é visível nas composições NDVI e nos grupamentos destas (Fig. 4.23, 4.36, 4.54 e 4.62).

Esta alteração na paisagem, na seqüência de padrões crescentes de NDVI para padrões recorrentes, em função das estações do ano, pode ser função das alterações fenológicas da vegetação, como já comentado, entretanto contraria a idéia de hidroserie (diferentes espécies ao longo do gradiente) sugerida anteriormente nesta discussão.

Neste sentido de variação espacial, continuidade espacial, afetada por sazonalidade, cabe ressaltar a semelhança entre as estruturas espaciais de faixas das duas datas de

julho, separadas por uma década, e da mesma forma a semelhança destas com a as características de faixas da data de ago/00.

Amostra Centro Oeste

Na região de estudo chamada amostra centro oeste, a variografia mostrou em geral semivariogramas sem patamar nas direções de nordeste-sudoeste ou sudeste-noroeste e semivariogramas com patamar nas direções perpendiculares a estas. A identificação de gradiente decrescente de NDVI de leste para oeste, evidente no tipo de variograma *unbounded*, para aquelas direções onde a semivariância não alcançou patamar, mostrou-se inverso ao gradiente crescente observado na amostra centro leste no sentido de leste para oeste. Claramente há uma inversão do gradiente de NDVI sentido explicável provavelmente pelo aumento da profundidade d'água, maior proporção de *S.californicus* em relação a *Z.bonariensis*, e maior fragmentação dos estandes destas espécies, deixando espaços abertos para o desenvolvimento de flutuantes senescentes ou com baixo NDVI (*Ludwigia* spp. e *Salvinia* spp.). A Fig. 4.10 mostra a fisionomia desta paisagem. A presença de ondas e escada nos variogramas representa a recorrência de padrões e transição da paisagem respectivamente, o que é notável nos agrupamentos de NDVI (Fig. 4.66, 4.69, 4.72, 4.75, 4.78, 4.81, 4.84, 4.87, 4.90, 4.93) e nos agrupamentos das composições de 3 bandas (Fig 4.3). O delineamento de amostragem nesta região deve também considerar uma densidade de pontos amostrais suficiente na direção do gradiente de forma a representar toda a variabilidade dos diferentes estratos e uma amostragem dentro dos estratos que respeite a distância mínima entre amostras dada pelo alcance em que a semivariância alcança o patamar nas direções, e estratos, em que isto acontece. Neste sentido, as direções de patamar com menor alcance foram

para cada data (Tab.4.4):

- jul/87: 700 m entre 170-0°;
- mai/95: 1150 m em 95°;
- dez/95: 1100 m entre 105-120°;
- jul/96: 1150 m entre 70-75°;
- mar/97: 920 m entre 60-65°;
- set/99: 650 m em 75°;
- fev/00: 10300 m entre 60-65°;
- ago/00: 800 entre 65-70° ;
- jan/02: 1200 m entre 60-65° .
- dez/03:650 m entre 80-85°;

Amostra Centro Total

A análise considerando a amostra chamada amostra centro total, o somatório da amostra centro oeste e da amostra centro leste, foi realizada para verificar e testar a variografia na direção de um gradiente identificado na amostra “centro leste”. As figuras da Fig. 4.96 até a Fig. 4.108 mostram os resultados da variografia nesta área para todas as datas consideradas.

O resultado dos semivariogramas, utilizando toda esta área para cálculo, no caso daquele primeiro grupo de variogramas tipo *unbounded*, das datas de mai/95, dez/95, mar/97, set/99, fev/00 e jan/02, não mostrou patamar de estabilização da semivariância decorrente do aumento da amostra nas direções onde houve ausência de patamar para a amostra centro leste. Os variogramas mantiveram a mesma tendência de crescimento infinito, praticamente nas mesmas direções consideradas na amostra centro leste. Pode ser observado nos agrupamentos que novos grupos continuam a aparecer na direção

oeste o que leva a esta semivariância crescente com a distância crescente entre pontos e a variogramas do tipo *sem patamar*.

Como pode ser verificado na Tab. 4.5, a variância total aumentou proporcionalmente, assim como também a distância entre pontos para a estabilização final da semivariância. Observa-se também a ocorrência de ondas no variograma e a mudança de patamar como se o variograma fosse uma escada, indicando a mudança do tipo de paisagem, da configuração de padrões, da metade leste para a metade oeste da *amostra centro total*.

Na comparação dos resultados para a metade oeste, metade leste e centro total na data de jul/87 especificamente (Fig. 4.97 e 4.98) observa-se que o variograma da área centro total aparentemente faz uma média dos variogramas da metade leste e metade oeste no que tange a variância total. Em relação aos patamares, quando existentes, parecem ser adicionados seqüencialmente em um efeito escada. Também, as recorrências de padrões/estratos casos coincidem com as *ondas* dos variogramas.

Amostra Sul

Na região da chamada amostra sul (Fig. 4.109) em todas as datas, com exceção de mar/1987, a variografia apresentou resultados similares em relação às direções em que a semivariância alcança um patamar e em relação as direções em que os semivariogramas apresentaram-se com crescimento indefinido, *sem patamar (unbounded)*. A direção de estabilização da semivariância variou de nordeste-sudoeste a leste-oeste, e a direção de continuidade espacial indefinida, crescente, variou de noroeste-sudeste a norte-sul (Fig. 4.11, 4.114, 4.117, 4.120, 4.123, 4.126, 4.129, 4.132, 4.135, 4.138).

A variação observada ao longo do espaço dos 13 anos é persistente e característica, com um gradiente dado por variogramas do tipo *sem patamar, unbounded*, na direção noroeste-sudeste, e, pouca variabilidade dada por variogramas tipo *aespaciais* indicando muito pouca variabilidade espacial, ou *clássico-periódicos*, com presença de pequenas ondas, indicando recorrência de padrão (CURRAN, 1988).

Nesta amostra sul a semivariância foi em geral mais baixa do que nas outras duas amostras, centro leste e centro oeste, (Tab. 4.3, 4.4 e 4.5) indicando tanto um gradiente mais ameno entre estratos, um menor número de grupos/estratos, assim como uma variabilidade menor também dentro dos estratos. O esforço amostral de um delineamento de amostragem nestas condições será necessariamente menor do que nas outras duas regiões no que se refere a identificar o gradiente, contudo dentro das fases o espaçamento entre amostra poderá ser menor dado que estas apresentam independência a uma distância menor entre pontos do que nas outras duas amostras. Isto não significa entretanto que o número de amostras deva ser maior para cada estrato, e sim o contrário, embora com o devido *espalhamento* para garantir a representatividade das mesmas (HURLBERT, 1984). Neste sentido, as direções de patamar com menor alcance foram para cada data (Tab.4.3):

- jul/87: 1400 m entre 0-5°;
- mai/95: 1400 m em 55°;
- dez/95: 650 m entre 15-20°;
- jul/96: 800 m em 20°;
- mar/97: sem patamar;
- set/99: 450 m, entre 10-20°;
- fev/00: 1300 m em 50°;
- ago/00: 550 entre 15-25° ;
- jan/02: 450 m em 15 °.

- dez/03:900 m entre 20-30°;

Os resultados de NDVI (transf.) nesta região foram em geral concentrados em valores mais altos, na média do que nas outras duas regiões. Como já citado anteriormente uma das razões possíveis é o crescimento de plantas como a *Sagitária montevidensis* em determinadas épocas, com alta taxa de crescimento ao que a variável NDVI é sensível. Também a presença da flutuante *Pistia stratiotes* observada no local pode aumentar o NDVI desta região. A presença de *Z.bonariensis* nesta região, assim como o *S.giganteus*, nas areias lamosas e tremendais flutuantes, deve contribuir com este intervalo caracteristicamente mais alto da variável para esta região. A presença do *Z.bonariensis* nesta região pode ser evidenciada pela observação da imagem de out/2003, onde aparecem áreas verdes no contorno ao sul desta amostra e ao norte, acima da mesma. *Z.bonariensis* conforme foi observado na área nesta época era a única espécie viva e verdejante (MOTTA MARQUES, informação pessoal), tendo sido as outras espécies (*S.giganteus*) afogadas na inundação.

Tabela 4.1. intervalo do NDVI (transf.) na área do Banhado do Taim e na áreas específicas da análises de semivariância.

		Banhado Total	Amostra Centro Oeste	Amostra Centro Leste	Amostra Sul
Jul-1987	NDVI	12 – 171	36 – 155	82 – 154	50 – 157
	S^2		314	42	50
Mai-1995	NDVI	14 - 170	80 – 148	92 – 152	71 – 164
	S^2		41	71	16
Dez-1995	NDVI	38 - 163	90 – 142	96 – 152	60 – 154
	S^2		56	45	50
Jul-1996	NDVI	0 - 200	67 – 145	92 – 139	62 – 150
	S^2		33	33	33
Mar-1997	NDVI	24 - 171	90 – 151	100 – 152	91 – 163
	S^2		43	30	37
Set-1999	NDVI	48 - 157	94 – 141	106 – 141	58 – 157
	S^2		23	24	50
Fev-2000	NDVI	34 - 174	89 – 140	93 – 138	71 – 160
	S^2		67	52	32
Ago-2000	NDVI	8 - 198	85 – 145	73 – 166	18 – 150
	S^2		34	27	34
Jan-2002	NDVI	25 - 164	84 – 124	86 – 124	51 – 149
	S^2		45	15	29
Out-2003	NDVI	0 - 200	0 – 175	0 – 177	25 – 171
	S^2		995	377	595

Tabela 4.2. Número de píxeis para cada agrupamento da variável NDVI, em todo o banhado e em cada área amostrada em todas as datas.

		julho-87										
		Clu 12	Clu 4	Clu 10	Clu 6	Clu 5	Clu 2	Clu 9	Clu 7	Clu 11	Clu 3	Clu 8
jul-87		46 - 63	64 - 78	96 - 111	112 - 119	120 - 123	124 - 128	129 - 135	136 - 143	144 - 151	152 - 163	12 - 171
Banhado		1.039.624	581.624	1.230.516	3.602.013	2.654.745	4.026.685	7.150.379	4.724.635	709.656	21.246	443.710
Ndvi S		50-62	67-78								152-157	80-95
Píxeis S		224	813	5.929	29.065	64.833	248.899	1.036.862	1.270.236	205.449	4.592	4.592
Ndvi CL												82-95
Píxeis CL				15.559	110.638	176.891	487.281	974.742	205.681	5.816		1.246
Ndvi CO		46-22	67-78									
Píxeis CO		1.953	22.687	75.602	169.530	154.740	254.266	457.617	458.355	136.199	6.405	73.386
		maio-95										
		Clu 10	Clu 3	Clu 12	Clu 8	Clu 6	Clu 9	Clu 7	Clu 4	Clu 2	Clu 5	Clu 11
mai-95		14 - 53	55 - 90	91 - 115	116 - 123	124 - 130	131	132	133 - 138	139 - 142	143 - 158	159 - 170
Banhado		1.160.848	1.046.314	1.266.342	2.189.045	4.566.630	746.569	1.171.236	5.087.005	4.203.525	4.709.048	79.849
Ndvi S			71-89	92-115								159-164
Píxeis S			474	2.963	3.581	7.028	2.227	5.412	262.838	1.362.321	1.384.969	4.315
Ndvi CL				92-114								
Píxeis CL				108.034	238.070	639.784	72.574	135.696	484.828	224.455	84.804	
Ndvi CO			80-90									
Píxeis CO			1.041	40.569	169.431	619.858	107.191	189.288	613.099	107.191	12.926	
		dezembro-95										
		Clu 4	Clu 7	Clu 8	Clu 11	Clu 9	Clu 6	Clu 5	Clu 2	Clu 3	Clu 12	Clu 10
dez-95		38 - 68	63 - 83	84 - 108	109 - 116	117 - 118	119 - 123	124 - 127	130 - 134	137 - 138	139 - 152	128 - 163
Banhado		1.570.788	1.199.514	973.952	1.611.111	859.601	2.957.334	2.955.813	4.884.949	1.832.606	3.064.981	3.442.034
Ndvi S		60-62	64-83									128-154
Píxeis S		370	9.177	12.585	9.775	4.231	13.885	22.529	357.296	832.937	1.149.238	502.237
Ndvi CL				96-108								128-136
Píxeis CL				15.471	99.329	73.809	358.926	345.480	717.655	39.011	22.107	279.909
Ndvi CO				90-108								128-136
Píxeis CO				29.605	123.023	60.647	246.694	308.499	594.897	106.884	32.616	360.154
		julho-96										
		Clu 2	Clu 12	Clu 11	Clu 10	Clu 6	Clu 8	Clu 7	Clu 3	Clu 4	Clu 5	Clu 9
jul-96		0 - 75	76 - 107	108 - 110	111 - 114	115	116 - 122	123 - 125	126 - 128	129 - 138	151 - 161	139 - 200
Banhado		2.414.719	1.563.859	927.082	2.025.604	574.195	5.956.675	2.902.793	2.414.719	4.845.640	2.338	412.952
Ndvi S		62-75	78-107									139-150
Píxeis S		345	15.402	6.658	9.133	4.600	103.629	204.268	354.014	1.970.598		106.271
Ndvi CL			92-107									139
Píxeis CL			18.623	19.592	84.673	44.045	691.999	387.583	320.615	315.289		278
Ndvi CO		67-75	80-107									
CO		359	33.775	40.805	152.802	43.010	745.043	409.025	219.373	102.408		
		março-97										
		Clu 4	Clu 9	Clu 12	Clu 10	Clu 2	Clu 6	Clu 7	Clu 3	Clu 5	Clu 8	Clu 11
mar-97		24 - 63	64 - 84	85 - 106	113 - 121	122 - 125	126 - 127	128 - 134	135 - 141	142 - 165		107 - 171
Banhado		1.547.392	663.506	543.905	2.389.236	2.295.345	1.511.186	7.411.064	5.751.912	4.110.287		378.768
Ndvi S				91-106	114-121							110-112
Píxeis S				794	4.658	55.089	79.723	806.082	1.274.912	700.604		445
Ndvi CL				105-106								142-152
Píxeis CL				422	111.003	218.748	189.911	1.017.177	437.479	32.535		6.067
Ndvi CO				90-106								107-112
Píxeis CO				2.764	122.297	168.708	115.539	676.654	765.312	73.466		8.700

	setembro-99										
	Clu 8	Clu 3	Clu 12	Clu 11	Clu 9	Clu 6	Clu 7	Clu 4	Clu 10	Clu 2	Clu 5
set-99	52 - 70	71 - 81	48-105	106-110	111-116	117-121	122	123-128	129	130 - 136	137 - 157
Banhado	2.362.226	1.071.673	726.460	450.652	1.573.241	2.480.567	674.050	5.683.159	961.179	7.233.828	1.590.684
Ndvi S		72-81	82-105								
Píxeis S		2.624	23.057	8.846	14.343		6.954	1.212	68.499	2.083.117	475.225
Ndvi CL											137-141
Píxeis CL				4.036	37.882	157.494	88.322	1.000.596	72.111	554.460	31.670
Ndvi CO			94-105								
Píxeis CO			1.022	5.430	42.066	110.356	34.038	483.488	134.547	980.732	99.468
	fevereiro-00										
	Clu 7	Clu 6	Clu 9	Clu 10	Clu 12	Clu 2	Clu 5	Clu 8	Clu 3	Clu 4	Clu 11
fev-00	35 - 54	55 - 65	66 - 84	85 - 94	102 - 103	104 - 111	112 - 120	121 - 122	123 - 129	130 - 138	139 - 174
Banhado	1.229.508	596.001	641.844	452.801	383.926	2.369.191	5.151.611	1.208.445	4.324.216	5.203.287	1.943.109
Ndvi S			71-84	86-94							
Píxeis S			850	634	410	3.030	15.149	14.467	254.838	2.082.413	501.651
Ndvi CL				93-94							
Píxeis CL				468	6.260	161.395	894.958	122.912	386.021	258.874	
Ndvi CO				89-94							139-140
Píxeis CO				1.108	24.299	127.076	323.930	145.090	759.855	389.594	418
	agosto-00										
	Clu 6	Clu 3	Clu 9	Clu 11	Clu 8	Clu 7	Clu 5	Clu 4	Clu 2	Clu 12	Clu 10
ago-00	42 - 75	76 - 87	88 - 101	102 - 113	114 - 116	117 - 123	124 - 128	129 - 130	131 - 136	137 - 144	8 - 198
Banhado	2.242.244	1.632.212	866.879	2.006.869	836.413	2.886.015	3.599.129	1.914.018	6.161.327	2.799.449	115.354
Ndvi S	52-75		88-98								18-150
Píxeis S	702	1.476	4.416	11.479	4.832	22.414	62.002	87.107	1.170.068	1.478.144	60.175
Ndvi CL			94-101	103-113							145-166
Píxeis CL			693	12.769	13.930	187.468	427.149	279.709	943.257	128.502	1.372
Ndvi CO		85	93-101								145
Píxeis CO		170	872	57.712	43.497	173.853	415.590	292.982	770.122	126.400	290
	janeiro-02										
	Clu 5	Clu 7	Clu 9	Clu 12	Clu 6	Clu 2	Clu 3	Clu 11	Clu 10	Clu 4	Clu 8
jan-02	37 - 71	46 - 55	72 - 97	98 - 105	106 - 108	109 - 116	117 - 123	124	125 - 138	139 - 151	25 - 164
Banhado	841.727	1.595.147	1.291.011	1.788.997	1.592.796	6.711.144	5.227.748	288.548	2.672.913	252.581	645
Ndvi S	62-71		73-97								139-149
Píxeis S	605		4.205	6.517	10.826	395.536	1.721.944	77.996	324.512	14.929	
Ndvi CL			87-97	98-105							
Píxeis CL			5.754	45.855	116.729	1.255.152	308.067	1.612			
Ndvi CO			84-97								
Píxeis CO			79.599	259.533	264.341	675.479	277.984	372			
	outubro-03										
	Clu 2	Clu 6	Clu 3	Clu 8	Clu 4	Clu 10	Clu 5	Clu 12	Clu 9	Clu 11	Clu 7
out-03	0 - 57	58 - 76	77 - 98	102 - 113	114 - 120	121 - 129	130 - 135	136 - 140	141 - 148	149 - 179	200
Banhado	212.466	3.523.407	1.965.487	1.518.675	1.339.563	2.571.171	1.868.308	1.102.470	1.552.783	1.975.485	800
Ndvi S	25-57	58-76									149-171
Píxeis S	3.927	62.270	342.750	264.968	161.852	217.554	156.172	146.705	246.184	203.082	
Ndvi CL		59-76	78-98								
Píxeis CL	1.651	13.004	54.764	54.060	59.548	452.927	416.533	90.094	91.062	292.268	
Ndvi CO											
Píxeis CO	4.296	89.595	202.197	115.445	81.822	97.338	68.209	59.372	115.743	470.188	

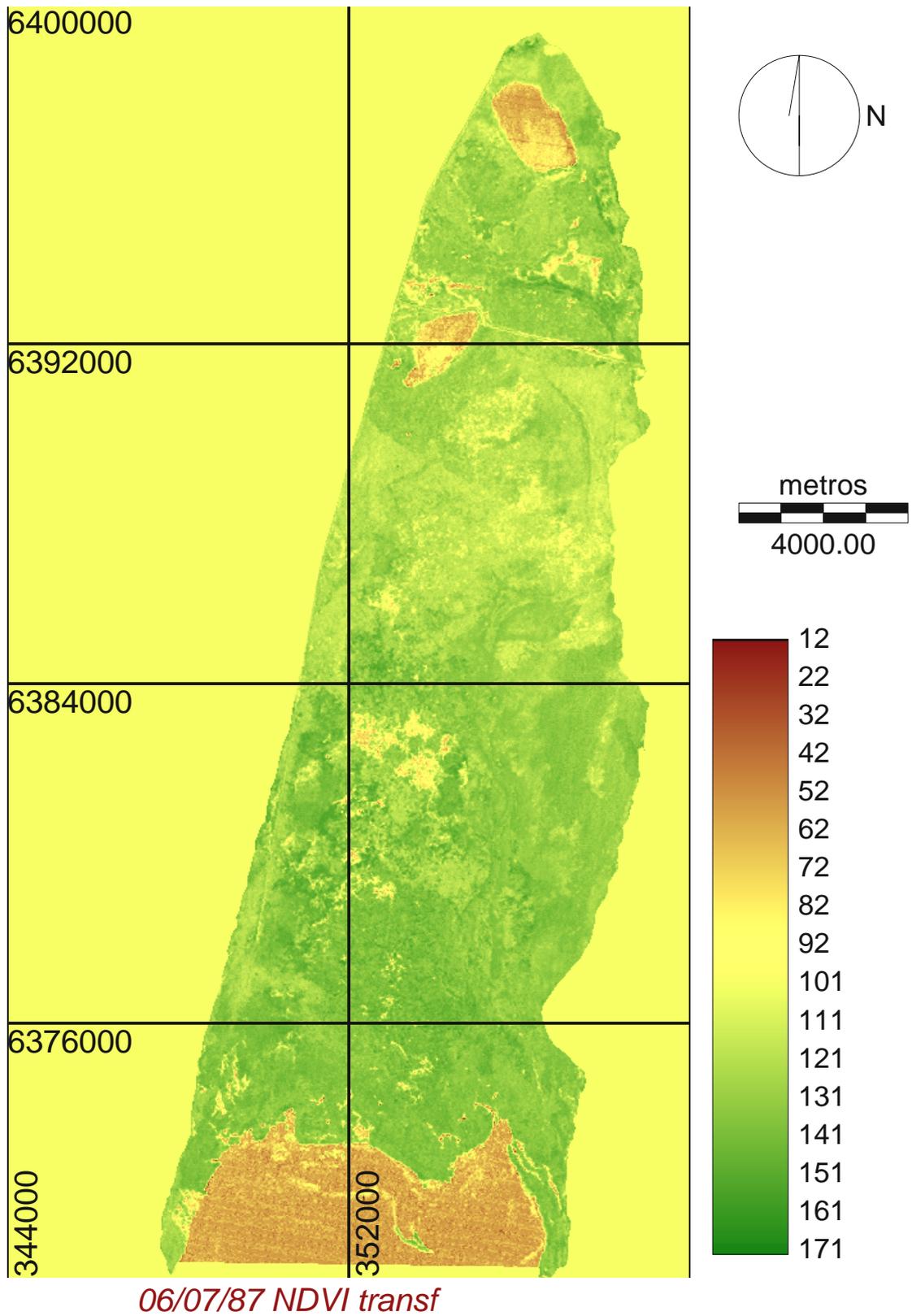
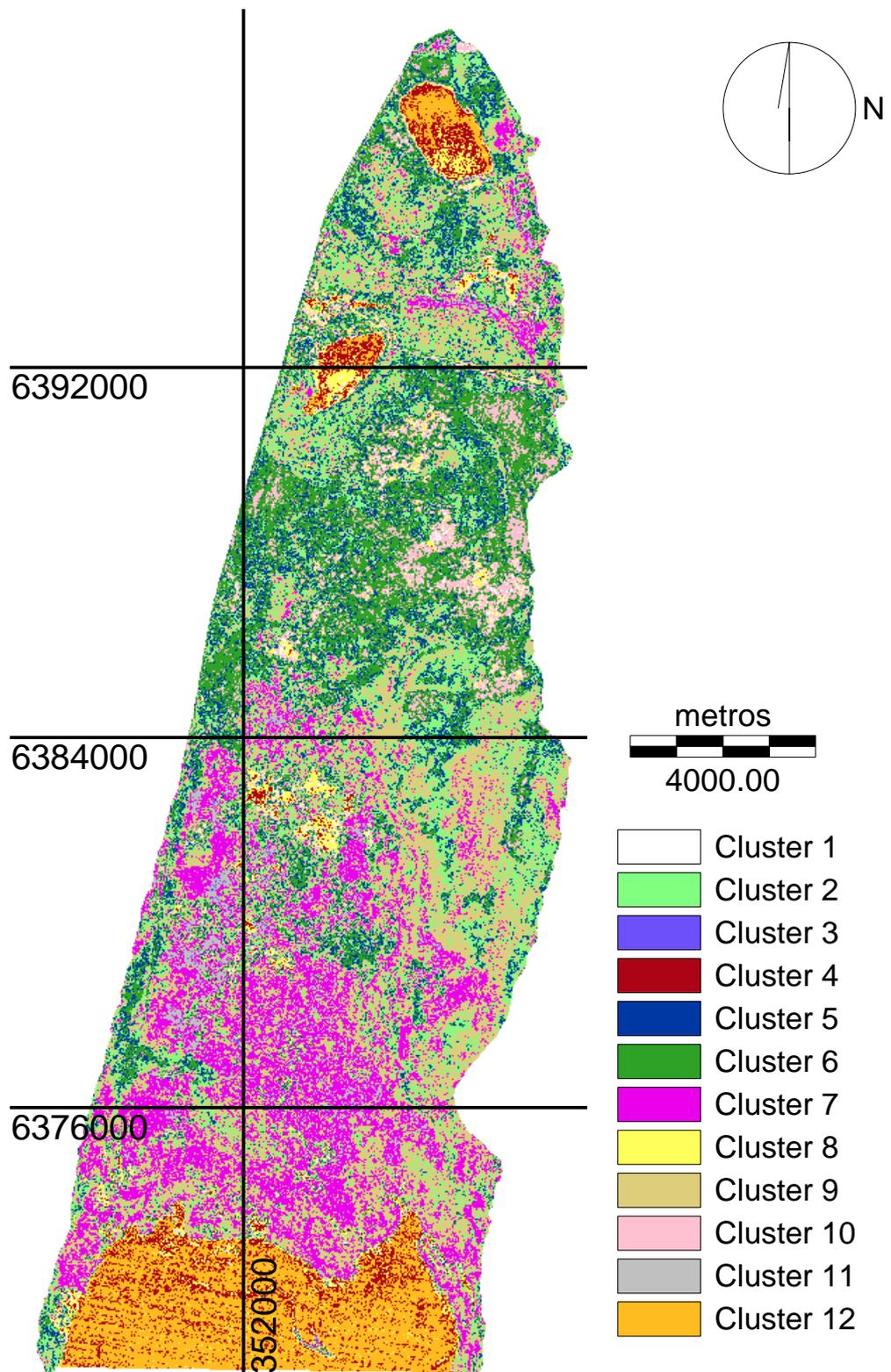


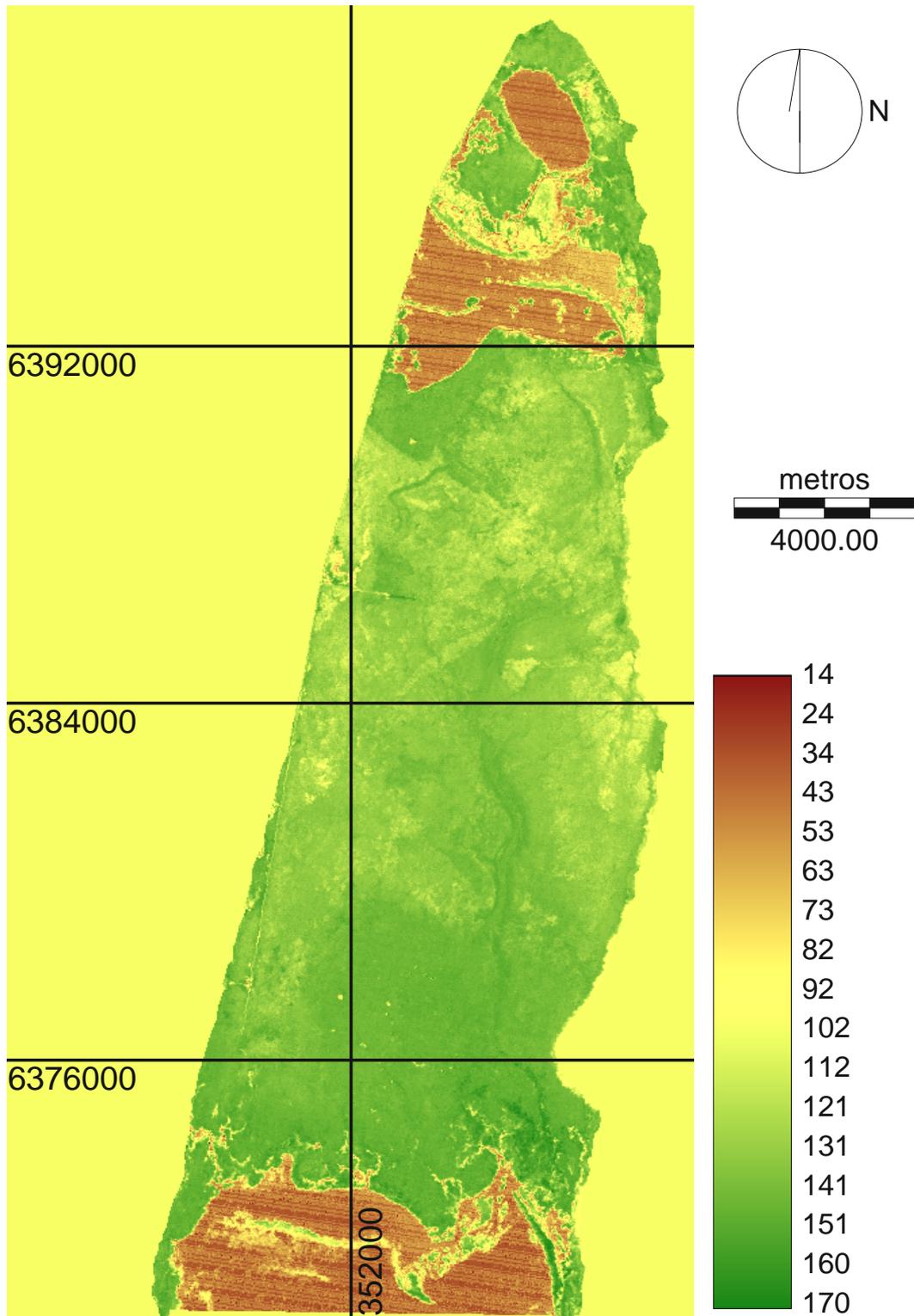
Figura 4.12 A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 06/07/87.



06/07/87 Agrup (isocluster) NDVI transf

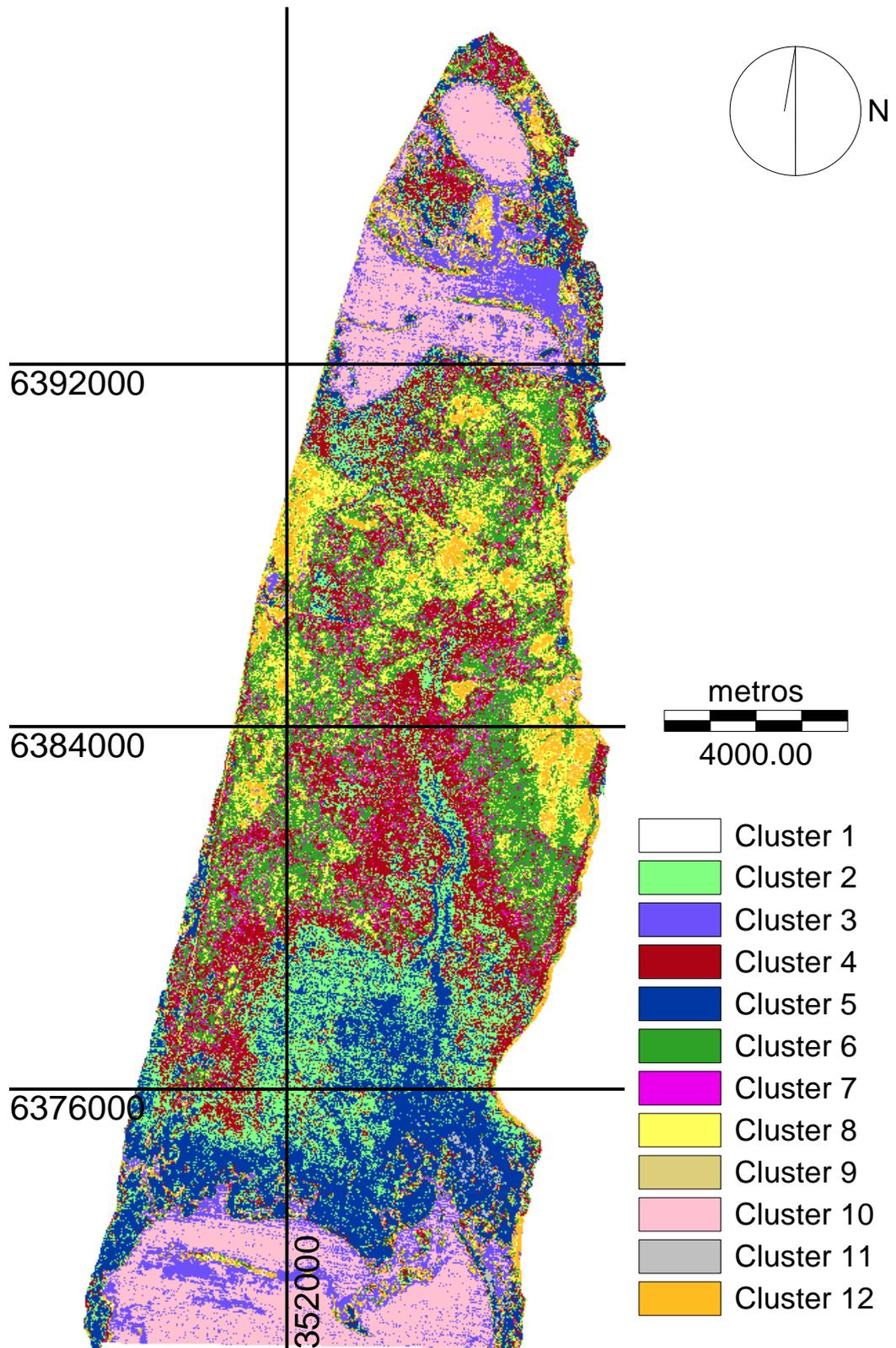
Agrupam.	Clu 12	Clu 4	Clu 10	Clu 6	Clu 5	Clu 2	Clu 9	Clu 7	Clu 11	Clu 3	Clu 8
NDVI	46 - 63	64 - 78	96 - 111	112 - 119	120 - 123	124 - 128	129 - 135	136 - 143	144 - 151	152 - 163	12 - 171

Figura 4.12.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 06/07/87.



09/05/95 NDVI transf

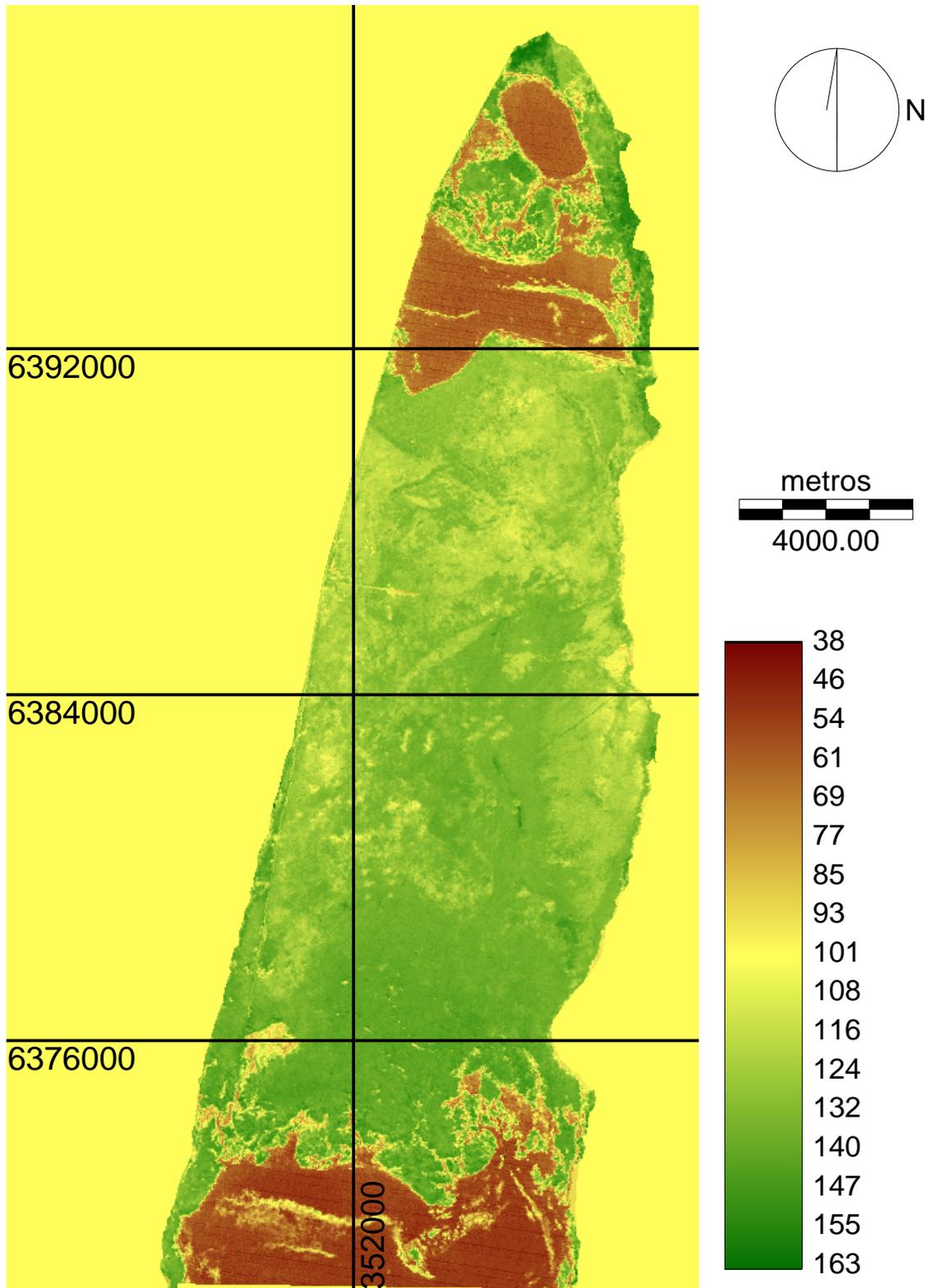
Figura 4.13.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 09/05/95.



09/05/95 Agrup (isocluster) NDVI transf

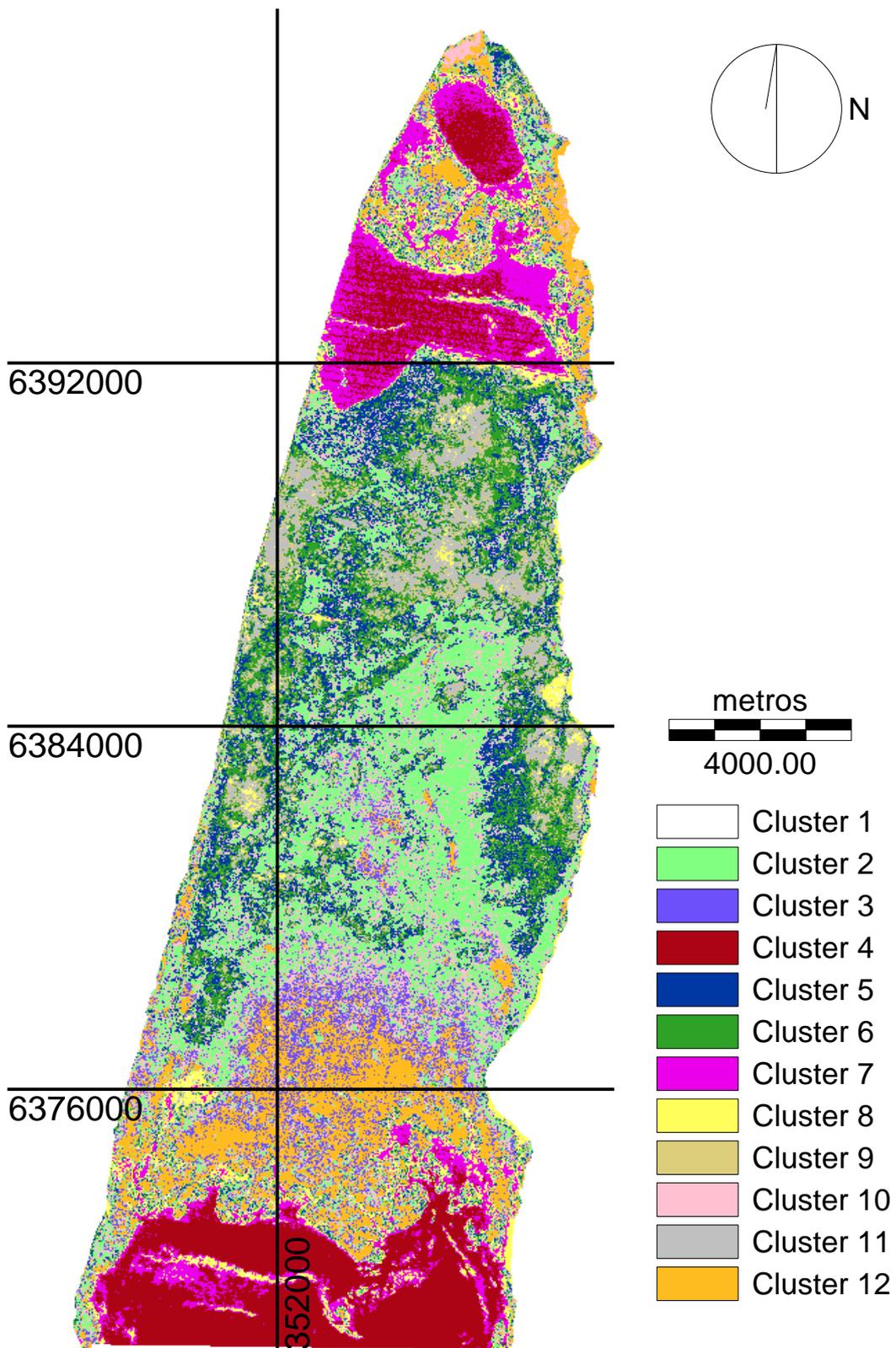
Agrupam.	Clu 10	Clu 3	Clu 12	Clu 8	Clu 6	Clu 9	Clu 7	Clu 4	Clu 2	Clu 5	Clu 11
NDVI	14 - 53	55 - 90	91 - 115	116 - 123	124 - 130	131	132	133 - 138	139 - 142	143 - 158	159 - 170

Figura 4.13.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 09/05/95.



19/12/95 NDVI transf

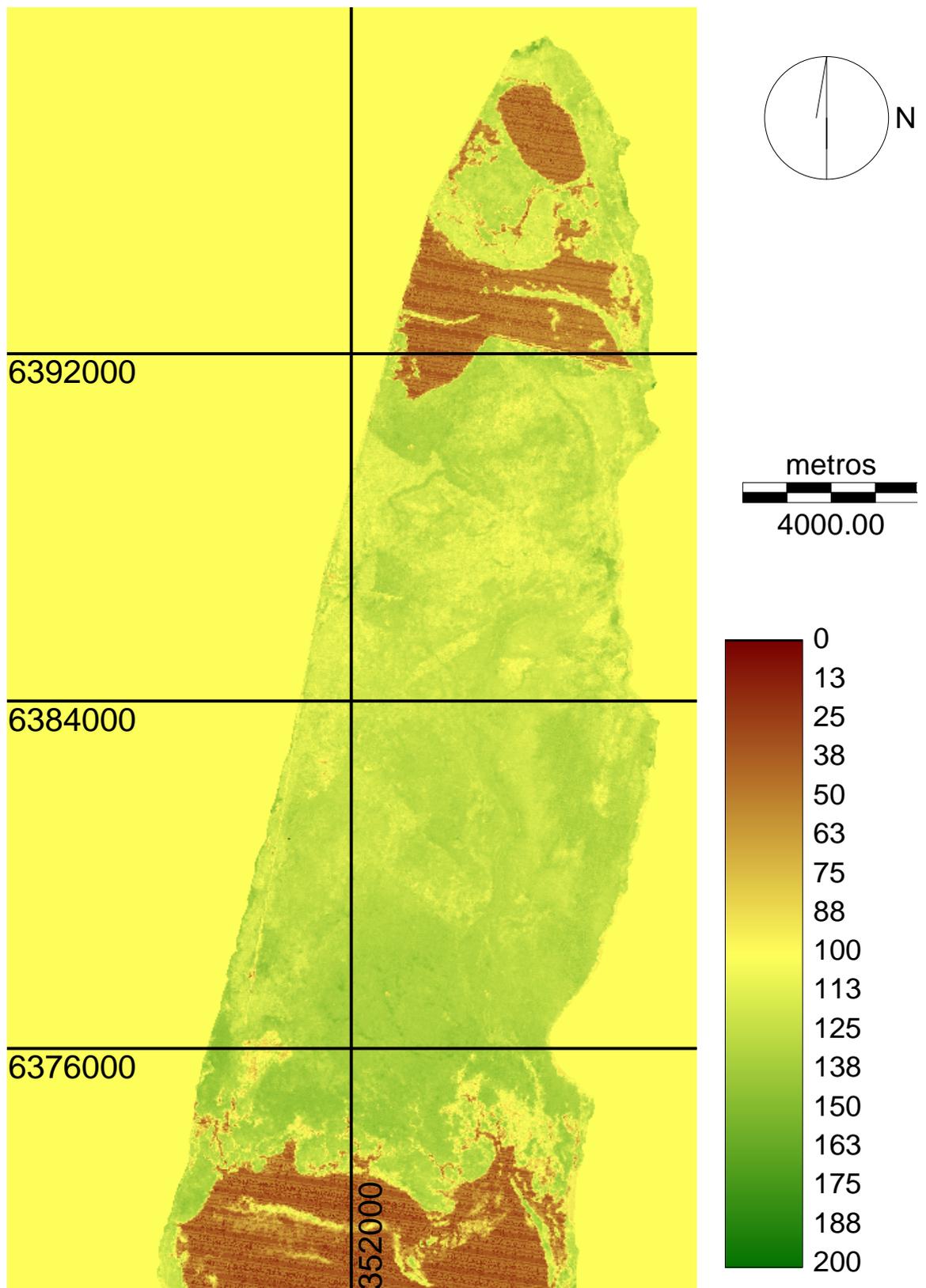
Figura 4.14.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 19/12/95.



19/12/95 Agrup (isocluster) NDVI transf

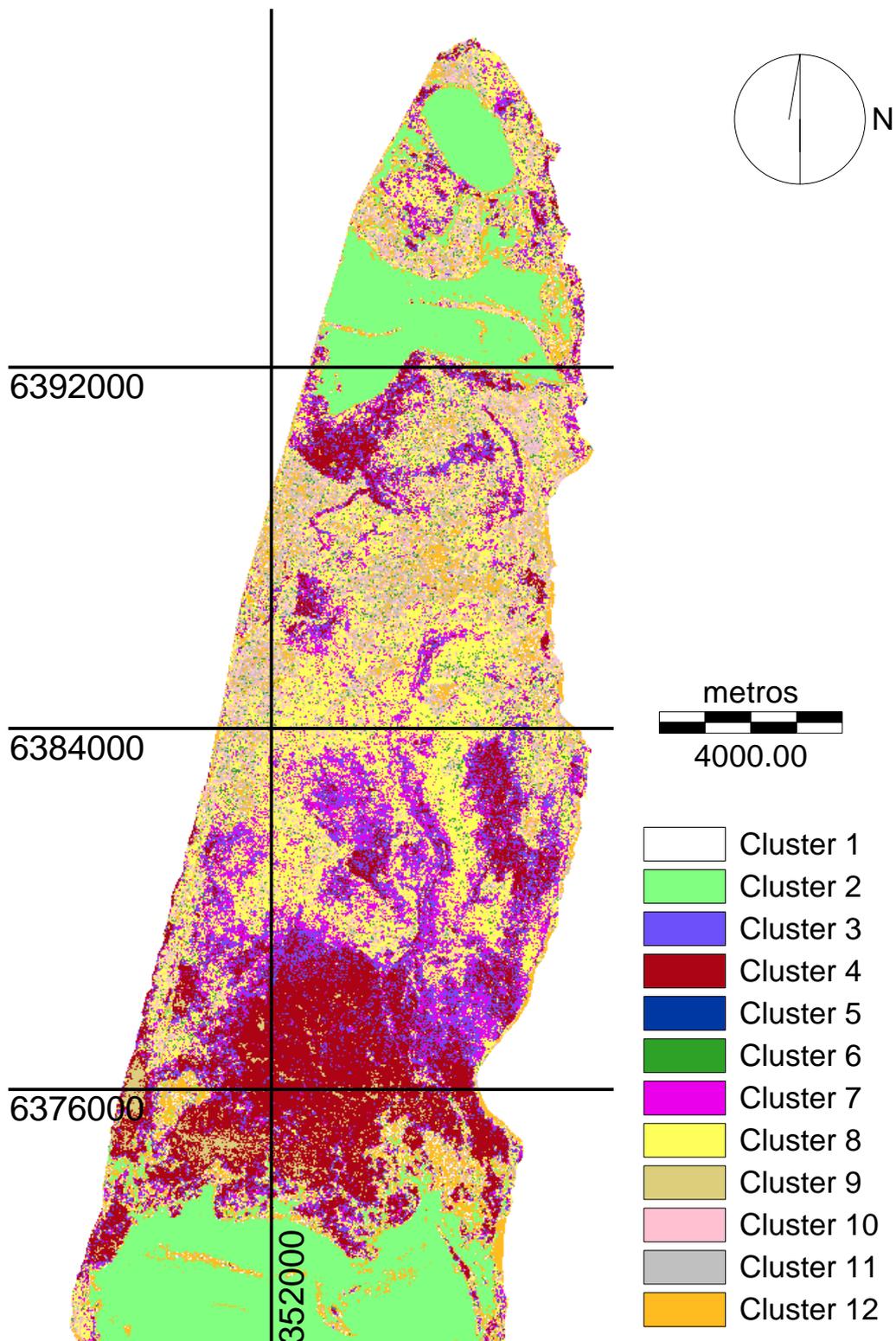
Agrupam.	Clu 4	Clu 7	Clu 8	Clu 11	Clu 9	Clu 6	Clu 5	Clu 2	Clu 3	Clu 12	Clu 10
NDVI	38 - 68	63 - 83	84 - 108	109 - 116	117 - 118	119 - 123	124 - 127	130 - 134	137 - 138	139 - 152	128 - 163

Figura 4.14.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 19/12/95.



30/07/96 NDVI transf

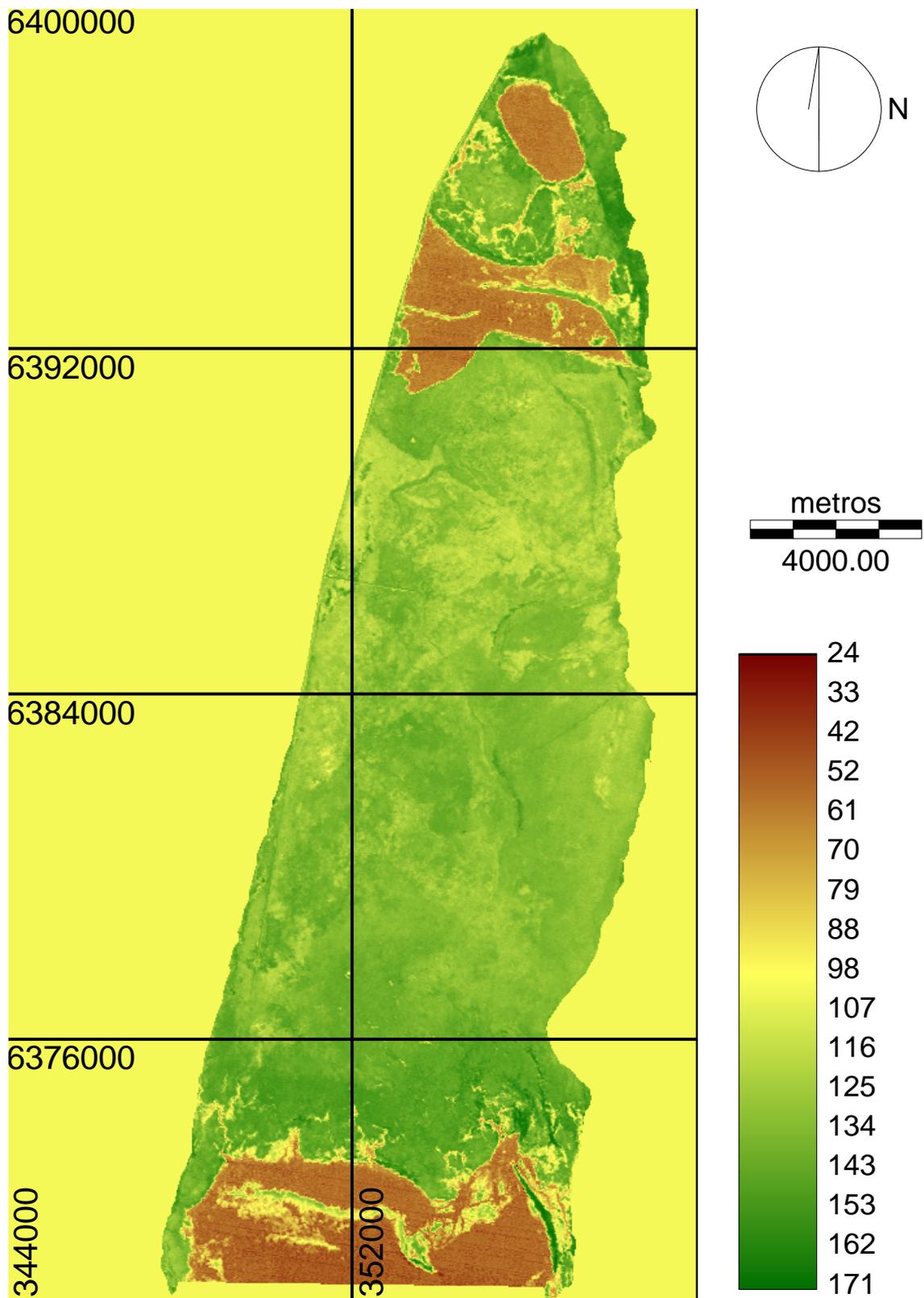
Figura 4.15.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 30/07/96.



30/07/96 Agrup (isocluster) NDVI transf

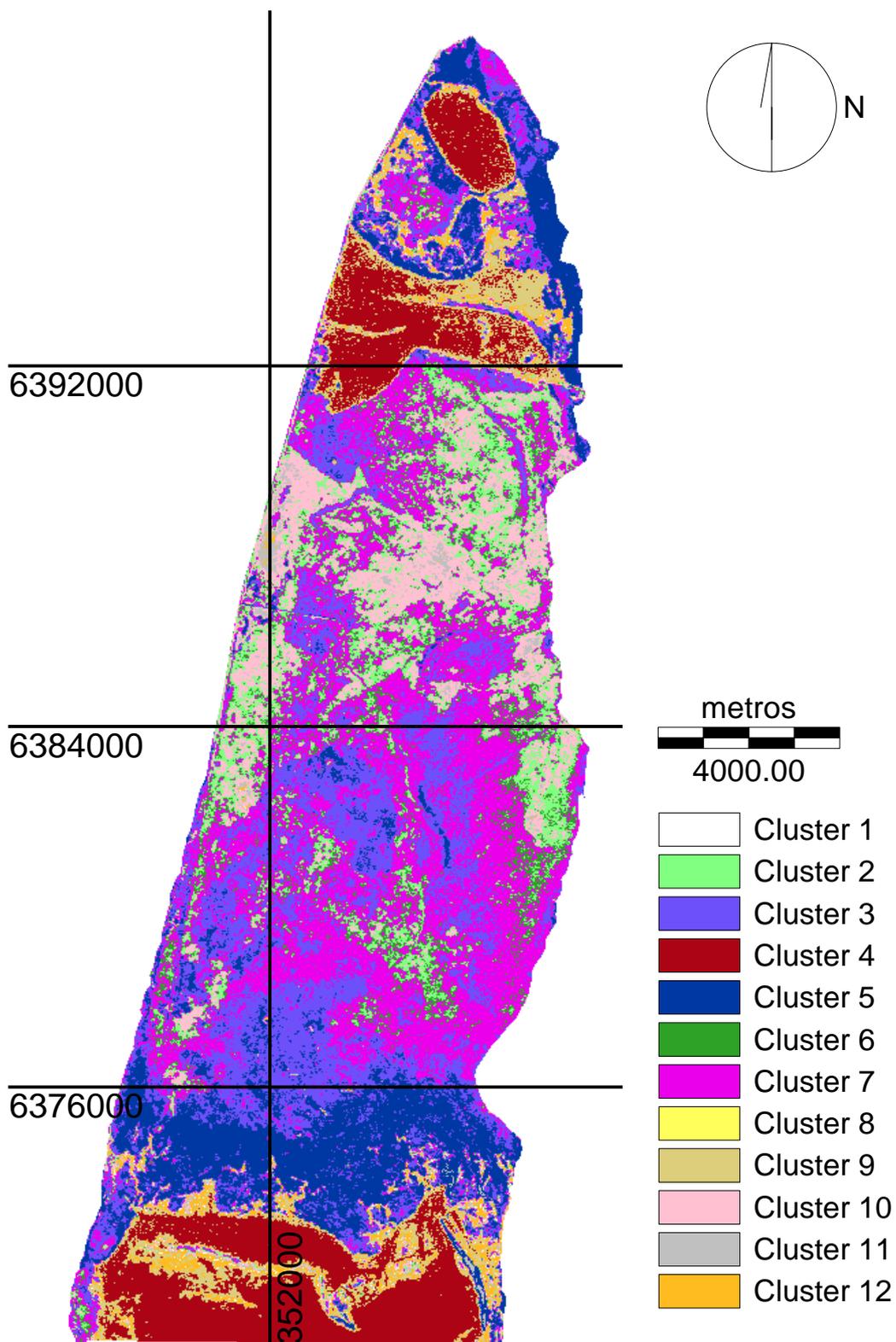
Agrupam.	Clu 2	Clu 12	Clu 11	Clu 10	Clu 6	Clu 8	Clu 7	Clu 3	Clu 4	Clu 5	Clu 9
NDVI	0 - 75	76 - 107	108 - 110	111 - 114	115	116 - 122	123 - 125	126 - 128	129 - 138	151 - 161	139 - 200

Figura 4.15.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 30/07/96.



04/03/97 NDVI transf

Figura 4.16.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 04/03/97.



04/03/97 Agrup (isocluster) NDVI transf

Agrupam.	Clu 4	Clu 9	Clu 12	Clu 10	Clu 2	Clu 6	Clu 7	Clu 3	Clu 5	Clu 8	Clu 11
NDVI	24 - 63	64 - 84	85 - 106	113 - 121	122 - 125	126 - 127	128 - 134	135 - 141	142 - 165		107 - 171

Figura 4.16.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 04/03/97.

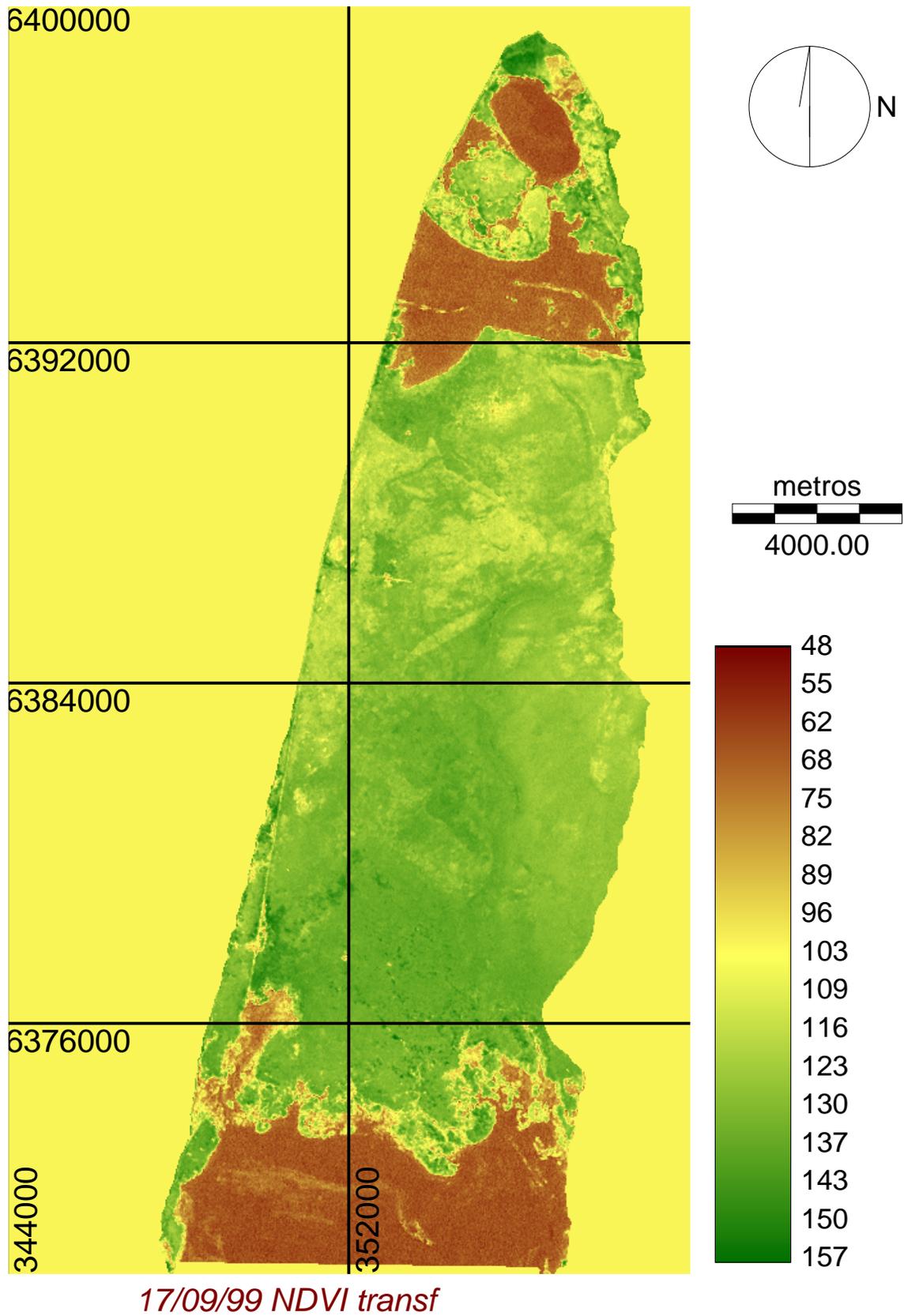
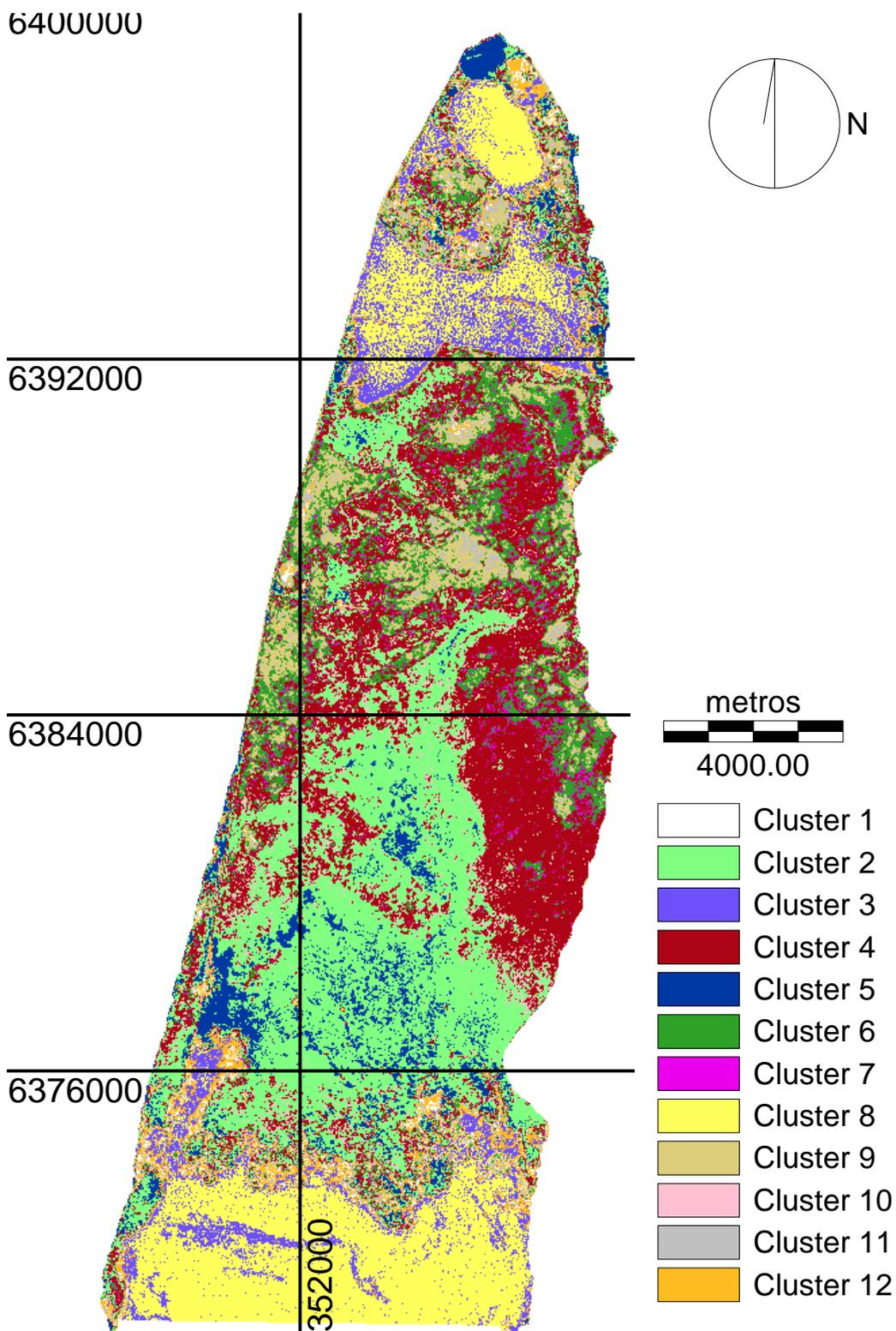


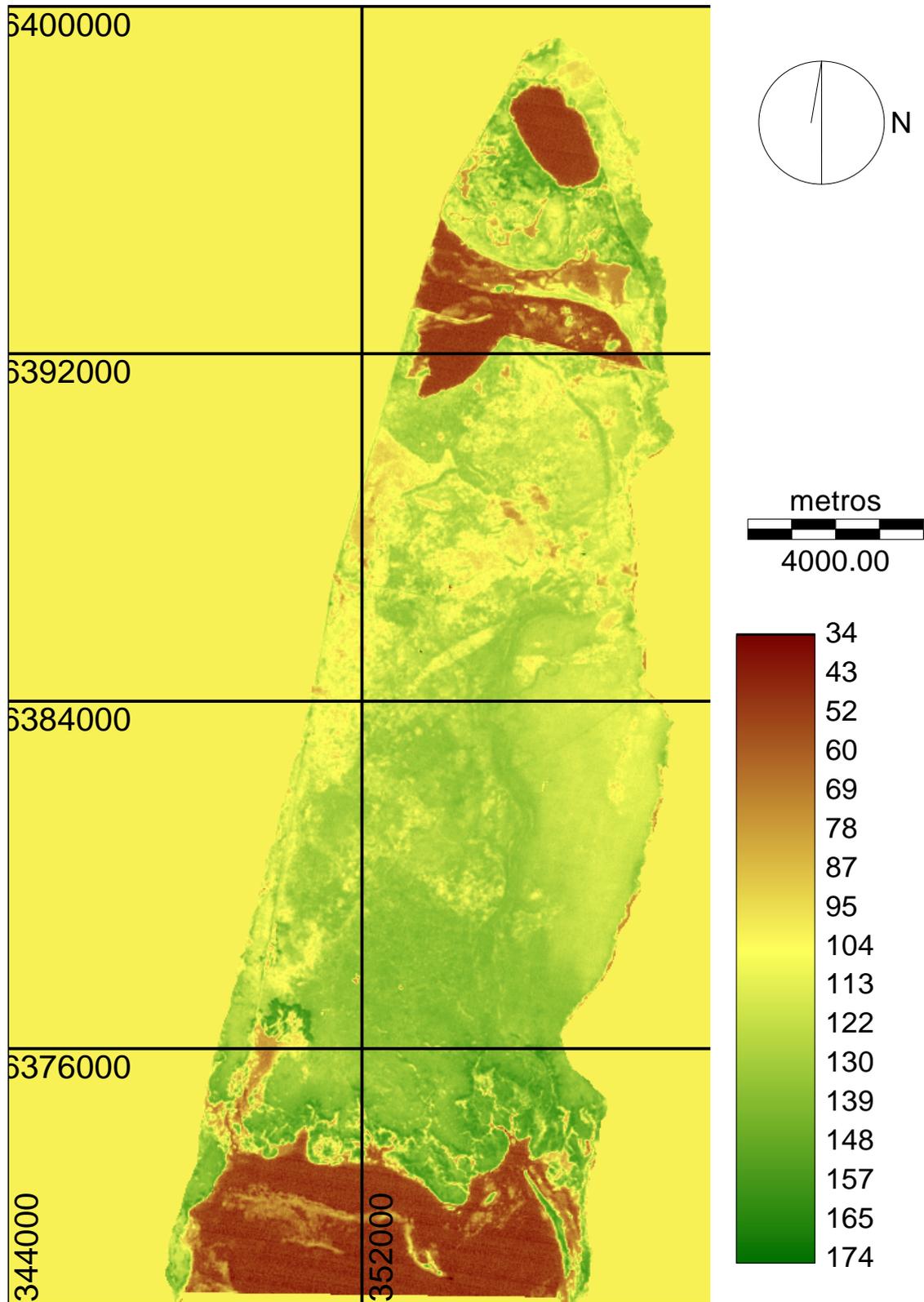
Figura 4.17.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 17/09/99.



17/09/99 Agrup (isocluster) NDVI transf

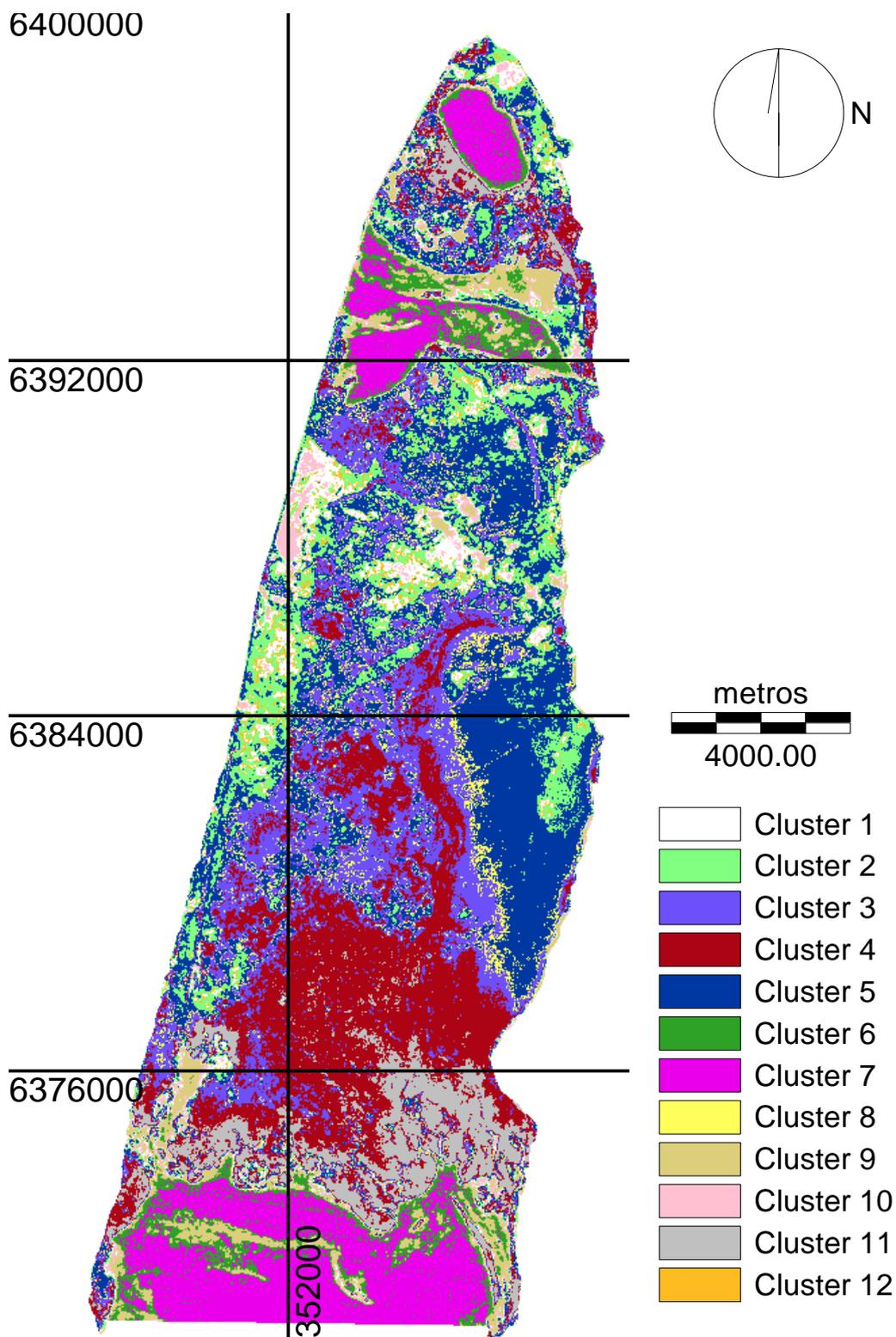
Agru	Clu 8	Clu 3	Clu 12	Clu 11	Clu 9	Clu 6	Clu 7	Clu 4	Clu 10	Clu 2	Clu 5
NDV I	52 - 70	71 - 81	48-105	106- 110	111- 116	117- 121	122	123- 128	129	130 - 136	137 - 157

Figura 4.17.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 17/09/99.



24/02/00 NDVI transf

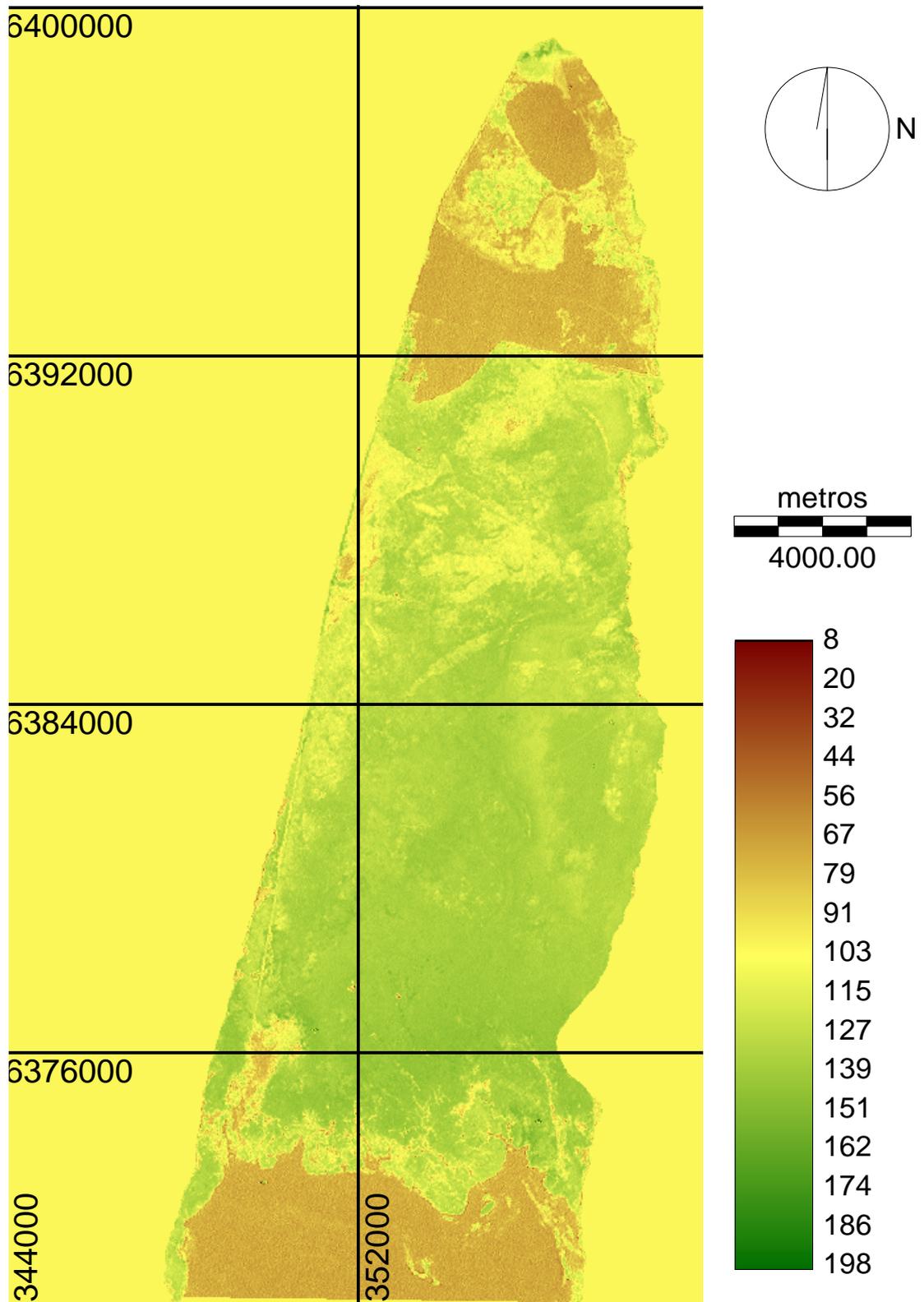
Figura 4.18.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 24/02/00.



24/02/00 Agrup (isocluster) NDVI transf

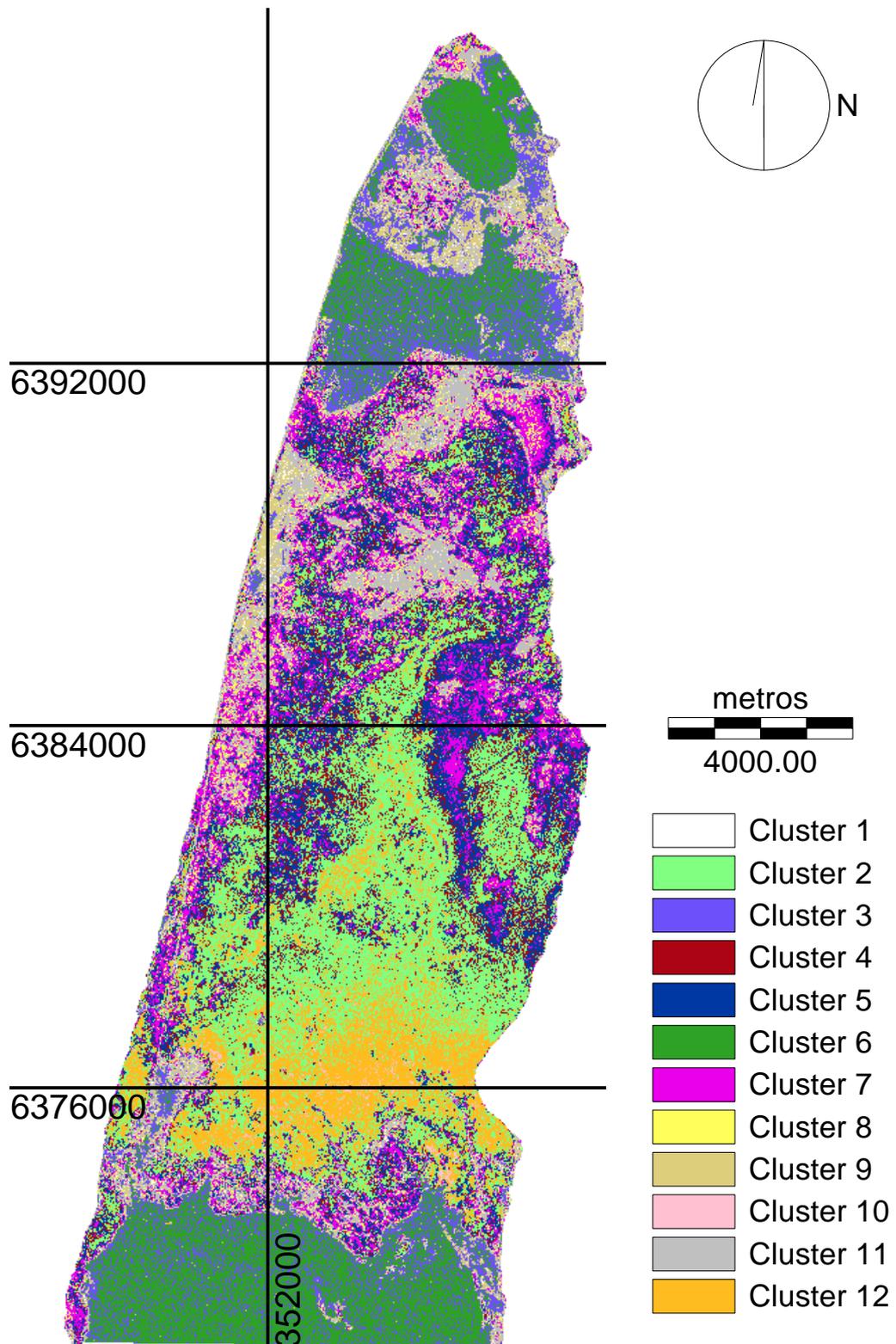
Agru	Clu 7	Clu 6	Clu 9	Clu 10	Clu 12	Clu 2	Clu 5	Clu 8	Clu 3	Clu 4	Clu 11
NDVI	35 - 54	55 - 65	66 - 84	85 - 94	102 - 103	104 - 111	112 - 120	121 - 122	123 - 129	130 - 138	139 - 174

Figura 4.18.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 24/02/00.



18/08/00 NDVI trasnf

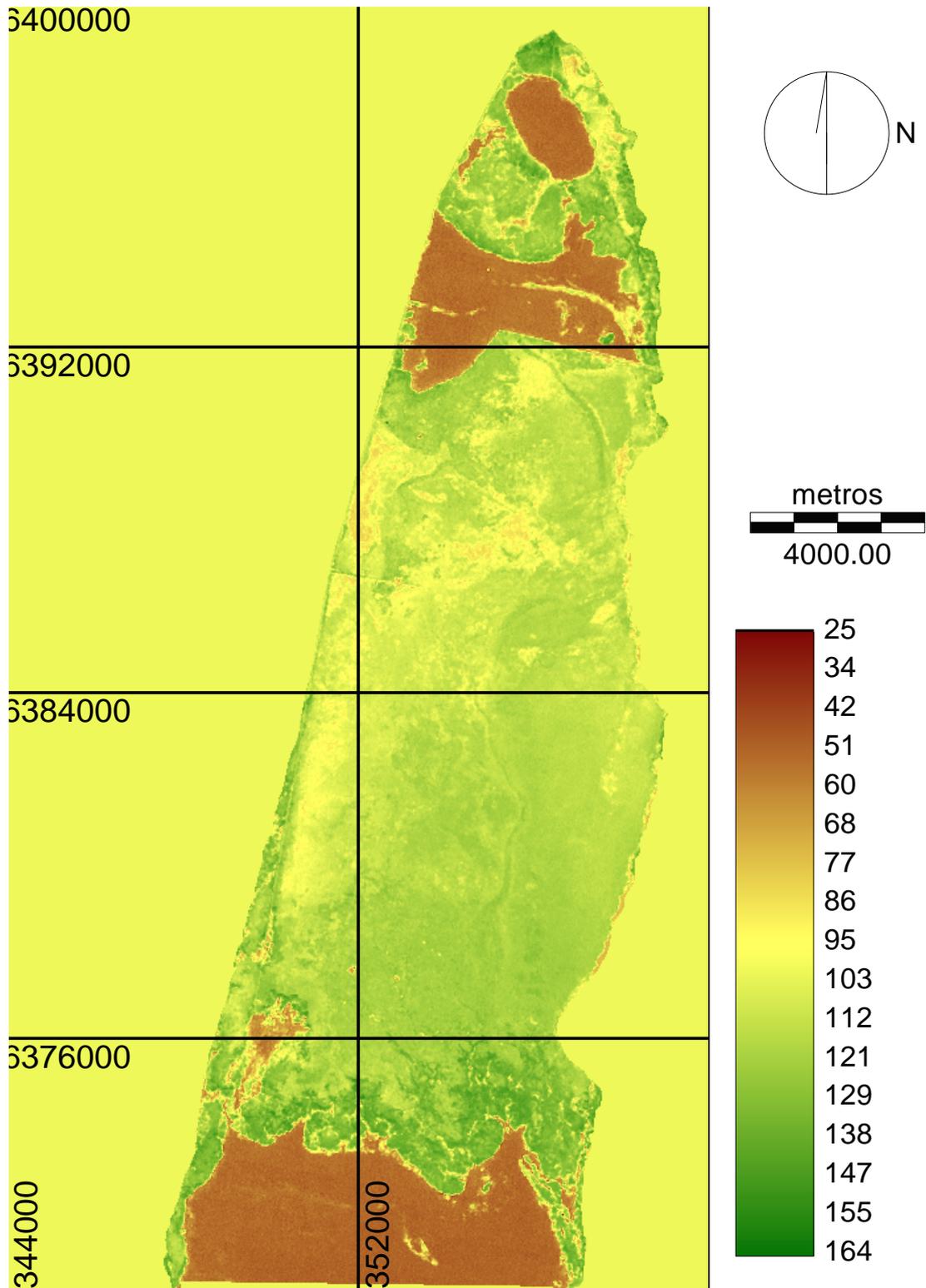
Figura 4.19.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 18/08/00.



18/08/00 Agrup (isocluster) NDVI transf

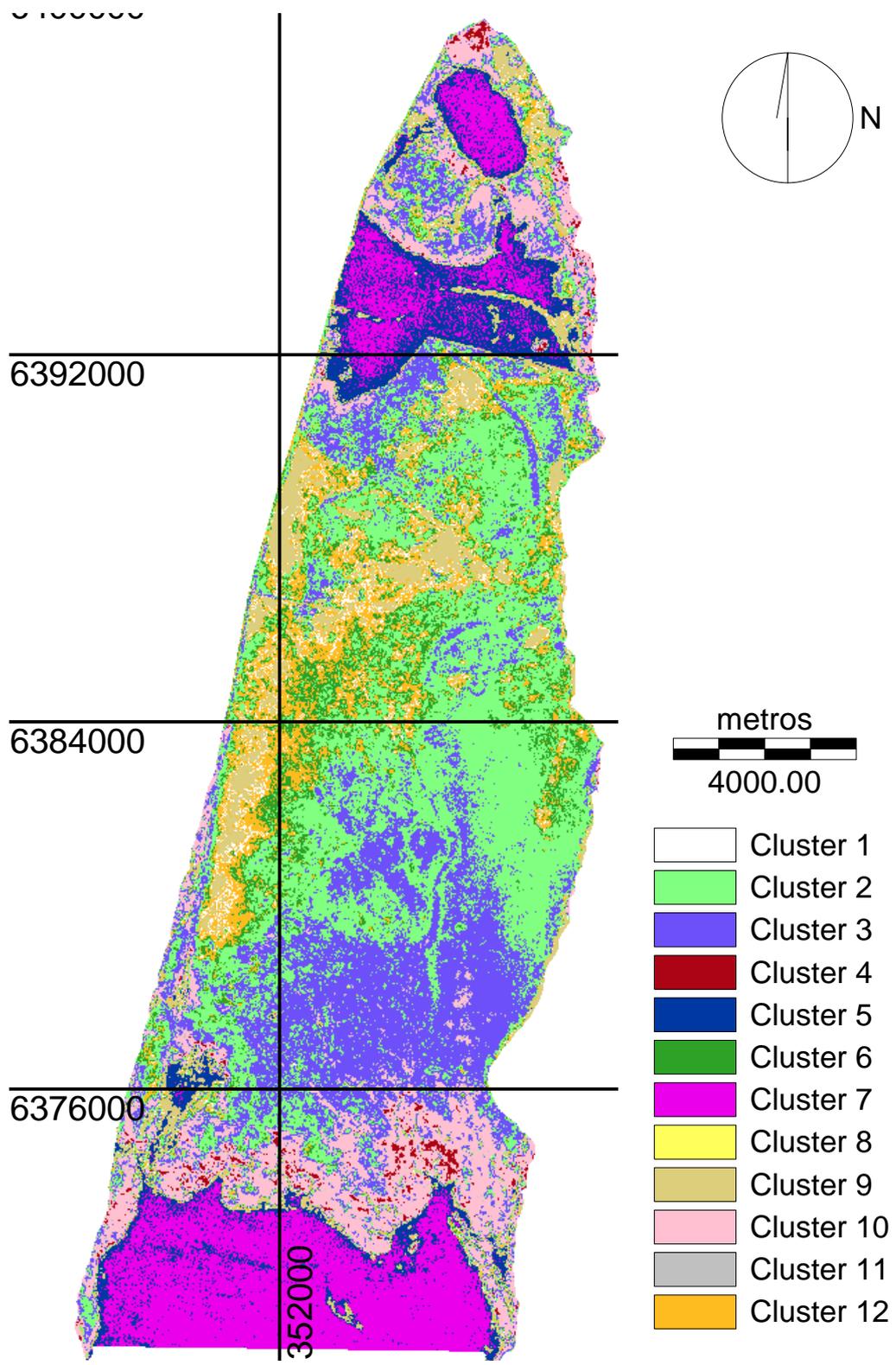
Agru	Clu 6	Clu 3	Clu 9	Clu 11	Clu 8	Clu 7	Clu 5	Clu 4	Clu 2	Clu 12	Clu 10
NDVI	42 - 75	76 - 87	88 - 101	102 - 113	114 - 116	117 - 123	124 - 128	129 - 130	131 - 136	137 - 144	8 - 198

Figura 4.19.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 18/08/00.



28/01/02 NDVI transf

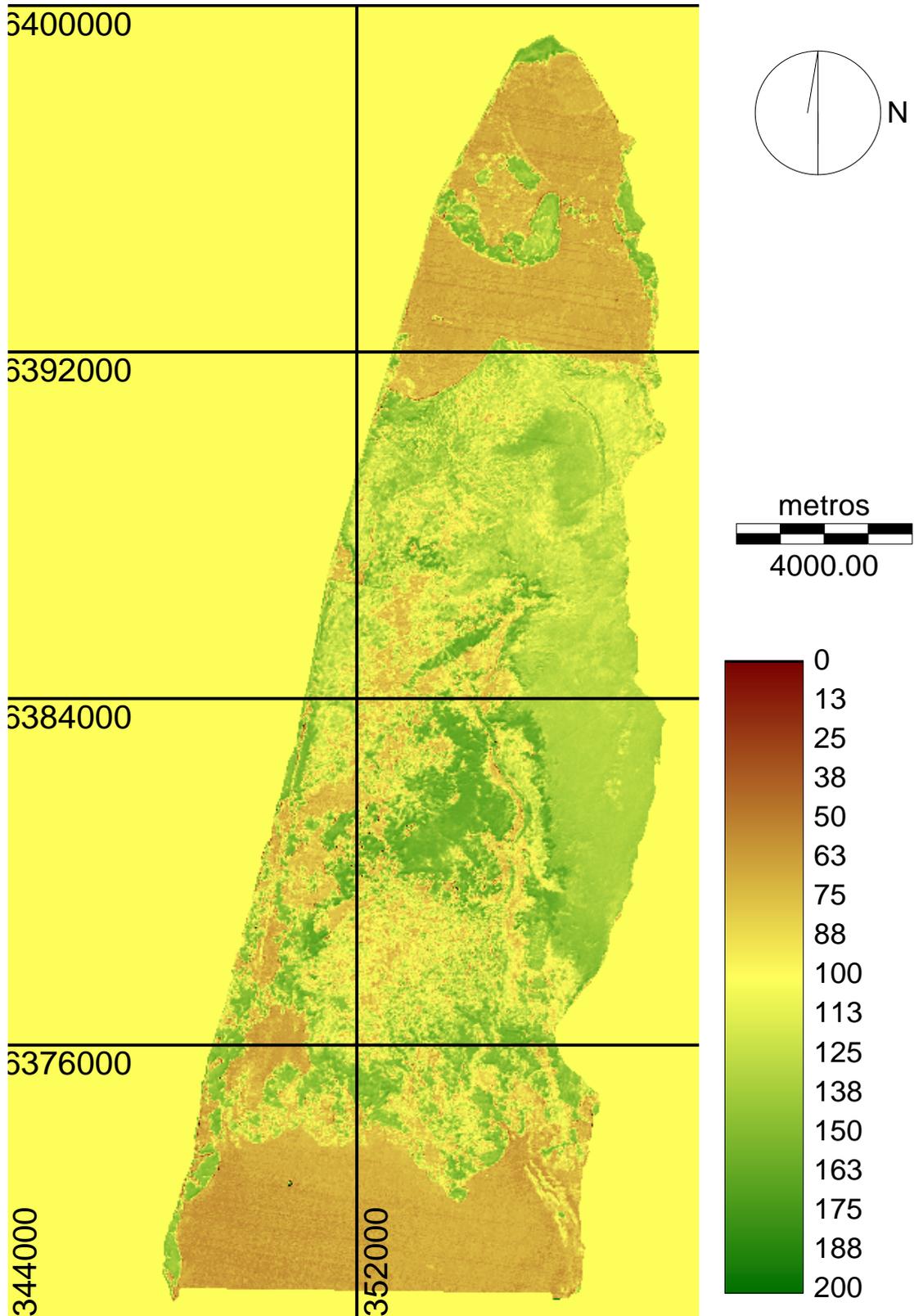
Figura 4.20.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 28/01/02.



28/01/02 Agrup (isocluster) NDVI transf

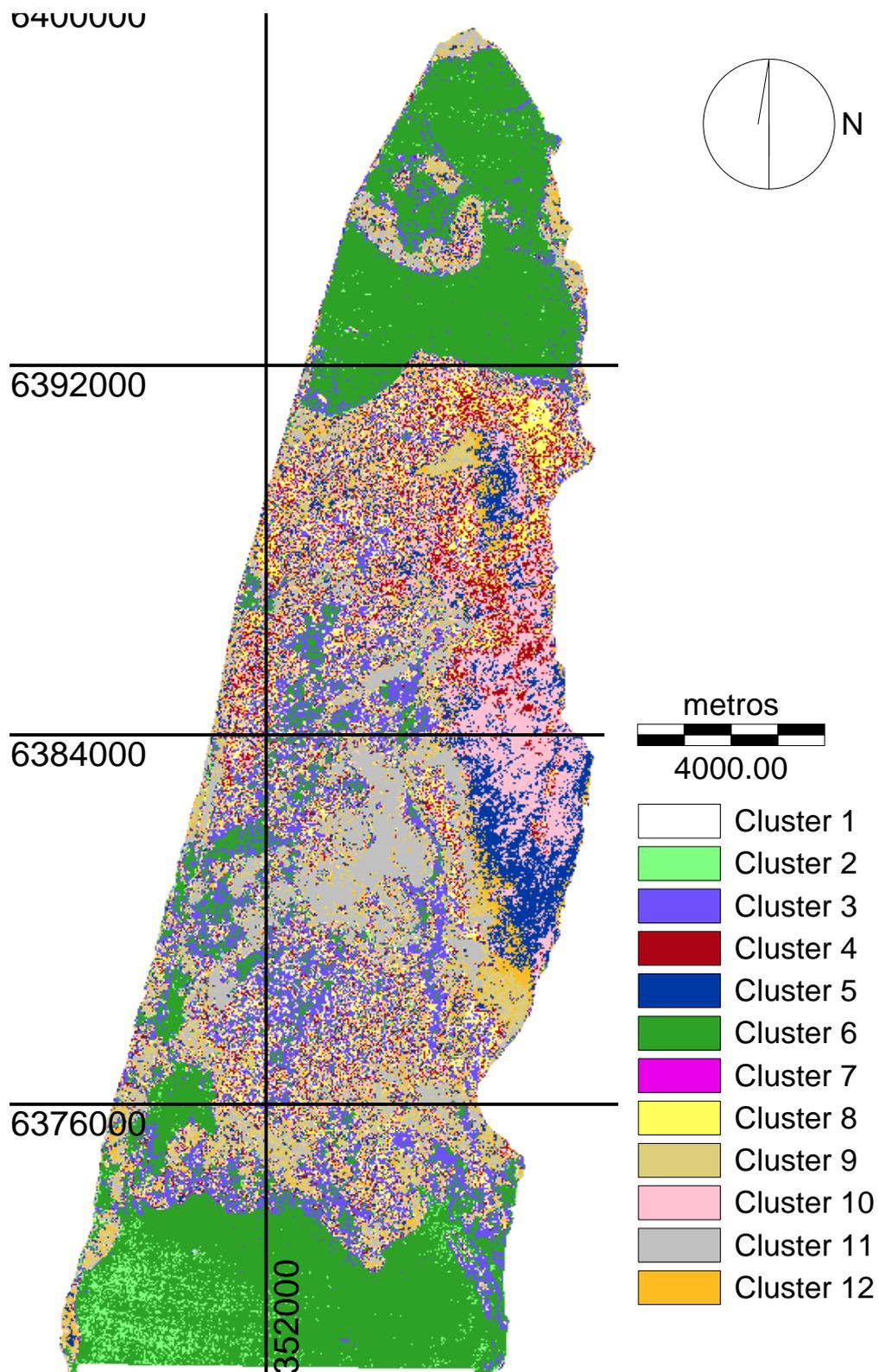
Agru	Clu 5	Clu 7	Clu 9	Clu 12	Clu 6	Clu 2	Clu 3	Clu 11	Clu 10	Clu 4	Clu 8
NDVI	37 - 71	46 - 55	72 - 97	98 - 105	106 - 108	109 - 116	117 - 123	124	125 - 138	139 - 151	25 - 164

Figura 4.20.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 28/01/02.



17/10/03 NDVI transf

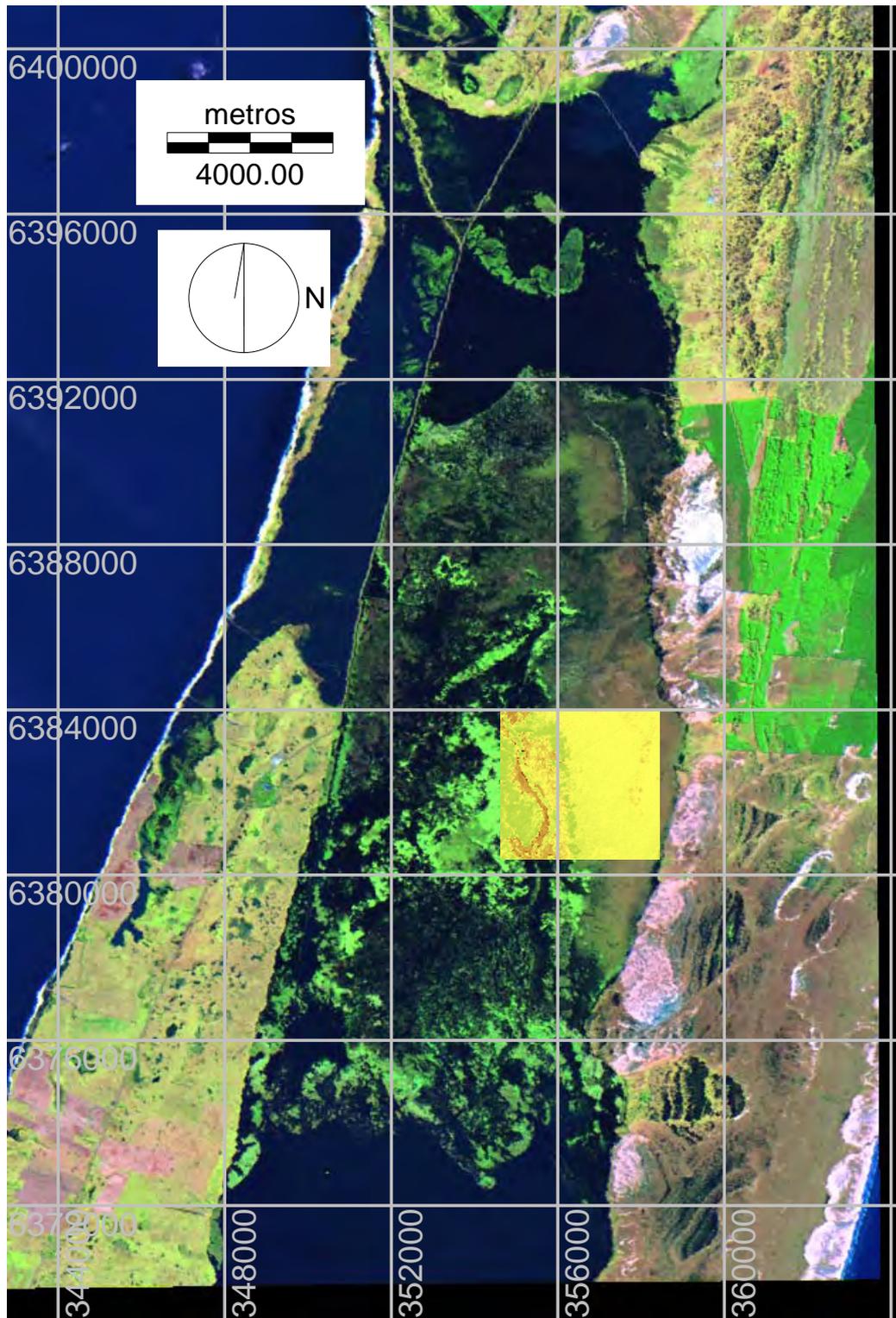
Figura 4.21.A. Imagem NDVI transformado do Banhado do Taim em 17/10/03.



17/10/03 Agrup (isocluster) NDVI transf

Agru	Clu 2	Clu 6	Clu 3	Clu 8	Clu 4	Clu 10	Clu 5	Clu 12	Clu 9	Clu 11	Clu 7
NDVI	0 - 57	58 - 76	77 - 98	102 - 113	114 - 120	121 - 129	130 - 135	136 - 140	141 - 148	149 - 179	200

Figura 4.21.B. Imagem classificada por agrupamento da imagem NDVI (transformado) em 17/10/03.



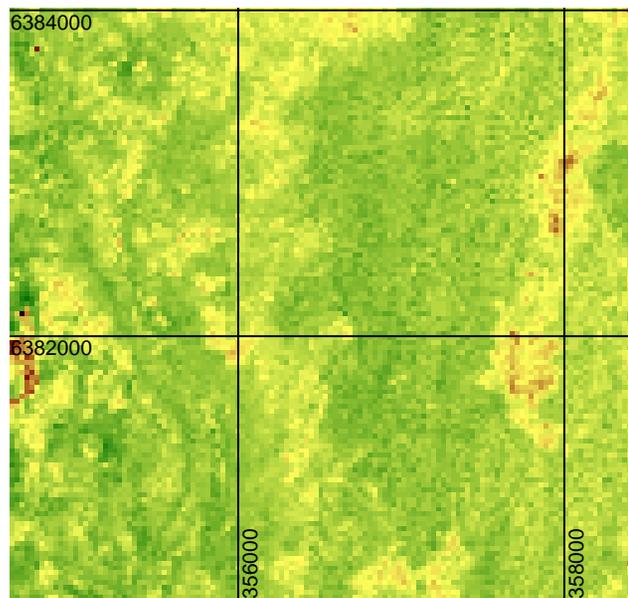
local da amostragem chamado centro leste

Figura 4.22. Imagem Landsat TM de 17/10/03 e local de amostragem chamado centro leste para o cálculo do semivariograma.

Tabela 4.3. Dados da variografia (semi-variância) máxima, efeito pepita, alcance % de variação espacial e % de efeito pepita da semi-variância) em todas as direções, para cada data estudada, na área de estudo chamada centro leste.

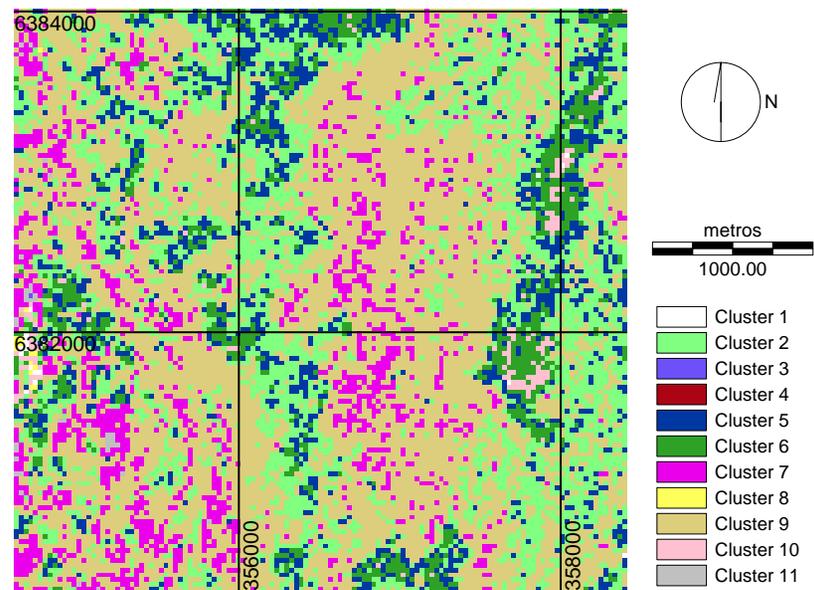
dir	9/5/1987					9/5/1995					19/12/1995					30/7/1996					4/3/1997								
	var max	pepit	alcan	%var esp	%var pepit	var max	pepit	alcan	%var esp	%var pepit	var max	pepit	alcan	%var esp	%var pepit	var max	pepit	alcan	%var esp	%var pepit	var max	pepit	alcan	%var esp	%var pepit				
0	40,4	10,5	1140	0,74	0,26	0	77	9,5	0,88	0,12	0	56,6	5	0,91	0,09	0	39,8	8	1000	0,80	0,20	0	37,9	3	0,92	0,08			
5	40,1	26,5	1140	0,34	0,66	5	79,1	20,5	0,74	0,26	5	57,9	14	0,76	0,24	5	40,5	18,2	1000	0,55	0,45	5	38,3	11	0,71	0,29			
10	40,1	24	1020	0,40	0,60	10	80	19	0,76	0,24	10	58,1	12	0,79	0,21	10	41,6	16	1050	0,62	0,38	10	38,4	10	0,74	0,26			
15	40,1	21,5	1020	0,46	0,54	15	80,8	16	0,80	0,20	15	57,8	10	0,83	0,17	15	41,8	13,5	1050	0,68	0,32	15	38,4	6,5	0,83	0,17			
20	40,1	21,5	1040	0,46	0,54	20	81	16	0,80	0,20	20	57,2	9,5	0,83	0,17	20	42,3	13,5	1050	0,68	0,32	20	38,3	7	0,82	0,18			
25	40,2	17,5	1120	0,56	0,44	25	80,5	11,5	0,86	0,14	25	56	8	0,86	0,14	25	42,7	11,5	1050	0,73	0,27	25	37,9	5	0,87	0,13			
30	40,2	17,5	1120	0,56	0,44	30	78,8	11,5	0,85	0,15	30	54	8	0,85	0,15	30	42,7	11,5	1100	0,73	0,27	30	37,4	5	0,87	0,13			
35	40,5	22	1200	0,46	0,54	35	76,5	16	0,79	0,21	35	51,1	10	0,80	0,20	35	42,5	13,5	1100	0,68	0,32	35	36,4	7	0,81	0,19			
40	41,6	11,5	1580	0,72	0,28	40	73,3	18	0,75	0,25	40	47,3	11,5	0,76	0,24	40	42,4	16	1100	0,62	0,38	40	34,6	4	0,88	0,12			
45	42,5	12,5	1600	0,71	0,29	45	69,5	11	0,84	0,16	45	43	6	0,86	0,14	45	42,2	9,5	1200	0,77	0,23	45	31,8	4	0,87	0,13			
50	42,3	12,5	1600	0,70	0,30	50	64	11	0,83	0,17	50	39	6	0,85	0,15	50	41,6	9,5	1200	0,77	0,23	50	29,5	4	0,86	0,14			
55	40,4	20	1200	0,50	0,50	55	59	15	0,75	0,25	55	34,5	10	0,71	0,29	55	40,5	12,5	1600	0,69	0,31	55	27	7,5	0,72	0,28			
60	40,6	15,5	1300	0,62	0,38	60	55	11	0,80	0,20	60	31,5	7,5	0,76	0,24	60	40	10	0,75	0,25	60	25	5,5	0,78	0,22				
65	40,4	15,5	1300	0,62	0,38	65	50	11	0,78	0,22	65	27,5	7,5	1600	0,73	0,27	65	39,8	10	0,75	0,25	65	23,5	5,5	1600	0,77	0,23		
70	38,3	18,5	1300	0,52	0,48	70	46,5	14	0,70	0,30	70	25	9,5	1600	0,62	0,38	70	38,6	12	0,69	0,31	70	22	6,5	1600	0,70	0,30		
75	37	18,5	1500	0,50	0,50	75	43,5	14	0,68	0,32	75	23,5	9,5	1600	0,60	0,40	75	35,7	11,5	0,68	0,32	75	19,5	6,5	1600	0,67	0,33		
80	37,5	22	1600	0,41	0,59	80	40	15	0,63	0,38	80	20,5	10,5	1600	0,49	0,51	80	33,7	12,8	0,62	0,38	80	16,8	7,5	1500	0,55	0,45		
85	38	23		0,39	0,61	85	36	16	0,56	0,44	85	18,5	11,5	1600	0,38	0,62	85	31	14,2	0,54	0,46	85	15	8,5	1500	0,43	0,57		
90	38,1	10	1220	0,74	0,26	90	33	9,5	0,71	0,29	90	18	5	900	0,72	0,28	90	27,5	7,5	1600	0,73	0,27	90	14	3	1300	0,79	0,21	
95	38,4	10	1200	0,74	0,26	95	30,5	9,5	0,69	0,31	95	17,5	5	700	0,71	0,29	95	26,5	8,2	1200	0,69	0,31	95	14	3	700	0,79	0,21	
100	37,5	21,5	1200	0,43	0,57	100	29	16	1600	0,45	0,55	100	18	11,5	700	0,36	0,64	100	27,5	13,8	1200	0,50	0,50	100	15	7,5	1400	0,50	0,50
105	38,4	18,5	1220	0,52	0,48	105	26	15	1500	0,42	0,58	105	18,5	10	1600	0,46	0,54	105	28,5	12,2	1200	0,57	0,43	105	16	6,3	1400	0,61	0,39
110	38,4	18,5	1240	0,52	0,48	110	26	15	1300	0,42	0,58	110	20	10		0,50	0,50	110	29,5	12,2	1200	0,59	0,41	110	16,5	6,3	1400	0,62	0,38
115	38	16	1200	0,58	0,42	115	26	13	1200	0,50	0,50	115	20,5	8,5		0,59	0,41	115	30	11,8	1100	0,61	0,39	115	17	5,3	1400	0,69	0,31
120	38	16	1200	0,58	0,42	120	26	13	1000	0,50	0,50	120	21,5	8,5		0,60	0,40	120	31	11,8	1100	0,62	0,38	120	19	5,3	1600	0,72	0,28
125	39,6	20,5	1500	0,48	0,52	125	27	15,5	1000	0,43	0,57	125	23	11		0,52	0,48	125	33,5	13,5	1100	0,60	0,40	125	20,5	7	0,66	0,34	
130	41,4	13,5	1580	0,67	0,33	130	32	11	0,66	0,34	130	25,8	6,5	0,75	0,25	130	35,7	9,5	1600	0,73	0,27	130	22	4	0,82	0,18			
135	42,5	13,5	1580	0,68	0,32	135	37	11	0,70	0,30	135	28	6,5	0,77	0,23	135	37,1	9,5	1450	0,74	0,26	135	24,5	4	0,84	0,16			
140	42,9	10,5	1500	0,76	0,24	140	43	18,5	0,57	0,43	140	32	13	0,59	0,41	140	38,5	16,2	1400	0,58	0,42	140	26	3,5	0,87	0,13			
145	42,7	21	1400	0,51	0,49	145	49,5	16,5	0,67	0,33	145	36	11	0,69	0,31	145	39,2	14,2	1200	0,64	0,36	145	28,5	8	0,72	0,28			
150	42,2	18,5	1300	0,56	0,44	150	54	14	0,74	0,26	150	39	9	0,77	0,23	150	39,8	12	1200	0,70	0,30	150	31	6	0,81	0,19			
155	41,8	18,5	1300	0,56	0,44	155	59,5	14	0,76	0,24	155	43	9	0,79	0,21	155	40,1	12	1150	0,70	0,30	155	33,1	6	0,82	0,18			
160	41,2	21,5	1320	0,48	0,52	160	63	16	0,75	0,25	160	47	10,5	0,78	0,22	160	39,8	14	1150	0,65	0,35	160	34,6	7,5	0,78	0,22			
165	40,2	21,5	1300	0,47	0,53	165	67	16	0,76	0,24	165	50,5	10,5	0,79	0,21	165	39,3	14	1150	0,64	0,36	165	35,7	7	0,80	0,20			
170	39,9	23,5	1160	0,41	0,59	170	71,3	18	0,75	0,25	170	53,3	12	0,77	0,23	170	39	16	1100	0,59	0,41	170	36,7	9	0,75	0,25			
175	40	10,5	1160	0,74	0,26	175	74,3	9,5	0,87	0,13	175	55,3	5	0,91	0,09	175	39,4	8	950	0,80	0,20	175	37,3	3	0,92	0,08			

17/9/1999					24/2/2000					18/8/2000					28/1/2002					17/10/2003																													
dir	var	max	pepit	alcan	%var	esp	%var	pepit	dir	var	max	pepit	alcan	%var	esp	%var	pepit	dir	var	max	pepit	alcan	%var	esp	%var	pepit	dir	var	max	pepit	alcan	%var	esp	%var	pepit														
0	23,8		2		0,92		0,08		0	60,7		2,8		0,95		0,05		0	31		8,2		1000		0,74		0,26		0	15,1		2,4		0,84		0,16		0	368		90		850		0,76		0,24		
5	24,5		5,5		0,78		0,22		5	62,1		9		0,86		0,14		5	31,7		14,8		1000		0,53		0,47		5	15,7		6,4		0,59		0,41		5	366		295		850		0,19		0,81		
10	24,8		5,5		0,78		0,22		10	62,9		8		0,87		0,13		10	32,4		13		1050		0,60		0,40		10	16		5,8		0,64		0,36		10	364		252		850		0,31		0,69		
15	25,1		3,8		0,85		0,15		15	63,4		6		0,91		0,09		15	32,6		11		1100		0,66		0,34		15	16,3		4,8		0,71		0,29		15	364		225		900		0,38		0,62		
20	25,6		3,8		0,85		0,15		20	62,9		6		0,90		0,10		20	32,9		11		1100		0,67		0,33		20	16,4		4,8		0,71		0,29		20	362		225		900		0,38		0,62		
25	25,7		3,2		0,88		0,12		25	61,6		4,5		0,93		0,07		25	33,4		9,5		1150		0,72		0,28		25	16,3		4,1		0,75		0,25		25	366		175		1050		0,52		0,48		
30	25,4		3,2		0,87		0,13		30	59,3		5		0,92		0,08		30	33,7		9,5		1150		0,72		0,28		30	16,2		4,1		0,75		0,25		30	369		175		1050		0,53		0,47		
35	24,8		4		0,84		0,16		35	56,5		6		0,89		0,11		35	33,7		11		1200		0,67		0,33		35	16		5,2		0,68		0,33		35	372		230		1100		0,38		0,62		
40	24,1		4,5		0,81		0,19		40	53,3		7,5		0,86		0,14		40	33,6		8,5		1200		0,75		0,25		40	15,7		6		0,62		0,38		40	378		232		1200		0,39		0,61		
45	23		2,2		0,90		0,10		45	49,5		3		0,94		0,06		45	34,1		8		1600		0,77		0,23		45	15,3		2,9		0,81		0,19		45	379		122		1230		0,68		0,32		
50	22		2,2		0,90		0,10		50	46		3		0,93		0,07		50	34		8		1600		0,76		0,24		50	14,9		2,9		0,81		0,19		50	377		122		1250		0,68		0,32		
55	20,3		3,8		0,81		0,19		55	41		5,5		0,87		0,13		55	33		12		1600		0,64		0,36		55	14		4,8		0,66		0,34		55	371		232		850		0,37		0,63		
60	18,5		2,5		0,86		0,14		60	36,5		4		0,89		0,11		60	32		9				0,72		0,28		60	13,2		3,8		0,71		0,29		60	375		163		850		0,57		0,43		
65	16,5		2,5		0,85		0,15		65	31,5		4		0,87		0,13		65	31,7		9				0,72		0,28		65	12,4		3,8		0,69		0,31		65	387		153		950		0,60		0,40		
70	15		3,2		0,79		0,21		70	27,5		4,5		0,84		0,16		70	30,6		10				0,67		0,33		70	11,6		4,4		0,62		0,38		70	396		185		1000		0,53		0,47		
75	13,5		3,2		0,76		0,24		75	23,5		4,5		0,81		0,19		75	28,6		10				0,65		0,35		75	11		4,6		0,58		0,42		75	396		185		1050		0,53		0,47		
80	11,5		4		0,65		0,35		80	20,5		5,5		0,73		0,27		80	25,8		11				0,57		0,43		80	10,6		5		0,53		0,47		80	395		205		1050		0,48		0,52		
85	10		4,2		0,58		0,42		85	18		6,5	1600		0,64		0,36		85	24		12				0,50		0,50		85	10,6		5,5	1600		0,48		0,52		85	374		245		1050		0,34		0,66
90	8,5		1,6	1600		0,81		0,19	90	15,5		2	1500		0,87		0,13		90	22		6,5	1600		0,70		0,30		90	11		2	1600		0,82		0,18		90	350		83	1000		0,76		0,24		
95	8		1,6	1600		0,80		0,20	95	14,5		2	1600		0,86		0,14		95	21		6,5	1500		0,69		0,31		95	10,8		2	1600		0,81		0,19		95	340		83	800		0,76		0,24		
100	7,5		4	1150		0,47		0,53	100	12,5		5,5	1300		0,56		0,44		100	21		11,5	1200		0,45		0,55		100	10,6		4,9	1600		0,54		0,46		100	342		175	850		0,49		0,51		
105	7,5		3,5	1150		0,53		0,47	105	12,2		5	1300		0,59		0,41		105	21,5		10,5	1100		0,51		0,49		105	10,2		4,2	1300		0,59		0,41		105	335		155	800		0,54		0,46		
110	7,5		3,5	900		0,53		0,47	110	14		5	1300		0,64		0,36		110	21,8		10,5	1050		0,52		0,48		110	10,4		4,2	1300		0,60		0,40		110	349		155	650		0,56		0,44		
115	7,5		3	900		0,60		0,40	115	14,5		4	1300		0,72		0,28		115	22,4		9	1050		0,60		0,40		115	10,4		3,6	1250		0,65		0,35		115	349		135	700		0,61		0,39		
120	8,5		3	800		0,65		0,35	120	17		4	1350		0,76		0,24		120	23		9	1050		0,61		0,39		120	10		3,6	1250		0,64		0,36		120	345		135	650		0,61		0,39		
125	10		3,5	1600		0,65		0,35	125	21		5,5		0,74		0,26		125	24,8		11	900		0,56		0,44		125	10		4,6	1250		0,54		0,46		125	364		172	1450		0,53		0,47			
130	12		2,3	1600		0,81		0,19	130	26,5		3,2		0,88		0,12		130	26		8	900		0,69		0,31		130	10,6		2,8	1600		0,74		0,26		130	371		112	1100		0,70		0,30			
135	13,5		2,3		0,83		0,17		135	31		3,2		0,90		0,10		135	28,2		8			0,72		0,28		135	10,8		2,8	1600		0,74		0,26		135	369		112	1100		0,70		0,30			
140	15,5		4,5		0,71		0,29		140	35		7		0,80		0,20		140	29,3		9,5	1600		0,68		0,32		140	11		5,6		0,49		0,51		140	381		205	950		0,46		0,54				
145	16,5		4		0,76		0,24		145	39,5		6		0,85		0,15		145	29,7		1,8	1400		0,94		0,06		145	11,2		5,9		0,47		0,53		145	381		205	950		0,46		0,54				
150	18		3,3		0,82		0,18		150	43,5		5		0,89		0,11		150	30,2		10,5	1200		0,65		0,35		150	11,6		4		0,66		0,34		150	379		165	950		0,56		0,44				
155	19,5		3,3		0,83		0,17		155	48		5		0,90		0,10		155	30,5		10,5	1150		0,66		0,34		155	12,3		4		0,67		0,33		155	374		165	1000		0,56		0,44				
160	20,5		3,8		0,81		0,19		160	51,8		6		0,88		0,12		160	30,8		11	1200		0,64		0,36		160	13		4,8		0,63		0,37		160	373		208	950		0,44		0,56				
165	21,5		3,8		0,82		0,18		165	54,8		6		0,89		0,11		165	30,8		11	1200		0,64		0,36		165	13,6		4,8		0,65		0,35		165	370		208	900		0,44		0,56				
170	22		4,5		0,80		0,20		170	57,1		7,5		0,87		0,13		170	30,7		13	1000		0,58		0,42		170	14,2		5,6		0,61		0,39		170	370		238	850		0,36		0,64				
175	22,8		2		0,91		0,09		175	59,2		2,8		0,95		0,05		175	30,7		8,2	1000		0,73		0,27		175	15		2,4		0,84		0,16		175	369		90	850		0,76		0,24				



06/07/87 NDVI transf centro leste

(a)

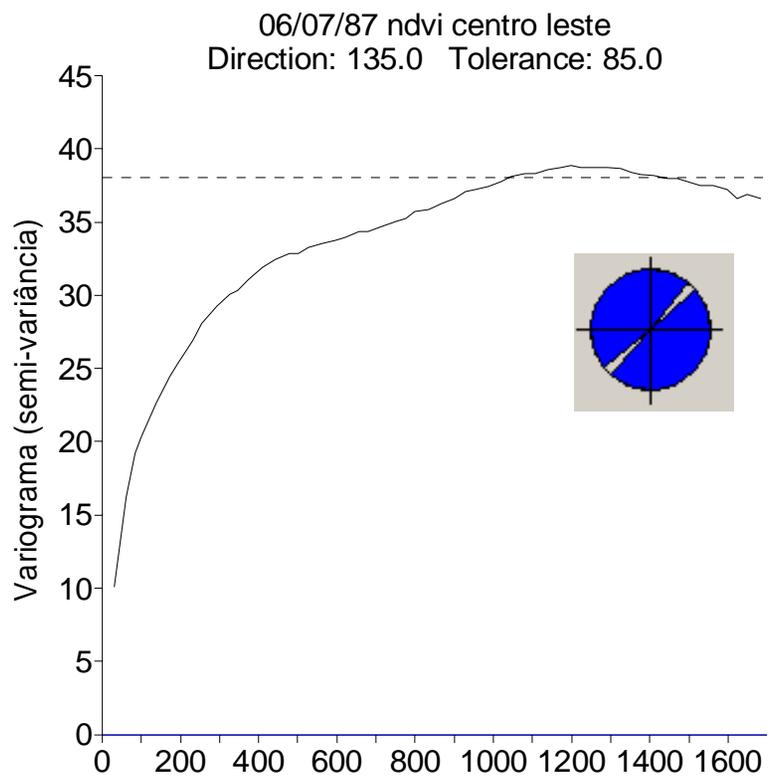


06/07/87 Agrup NDVI transf centro leste

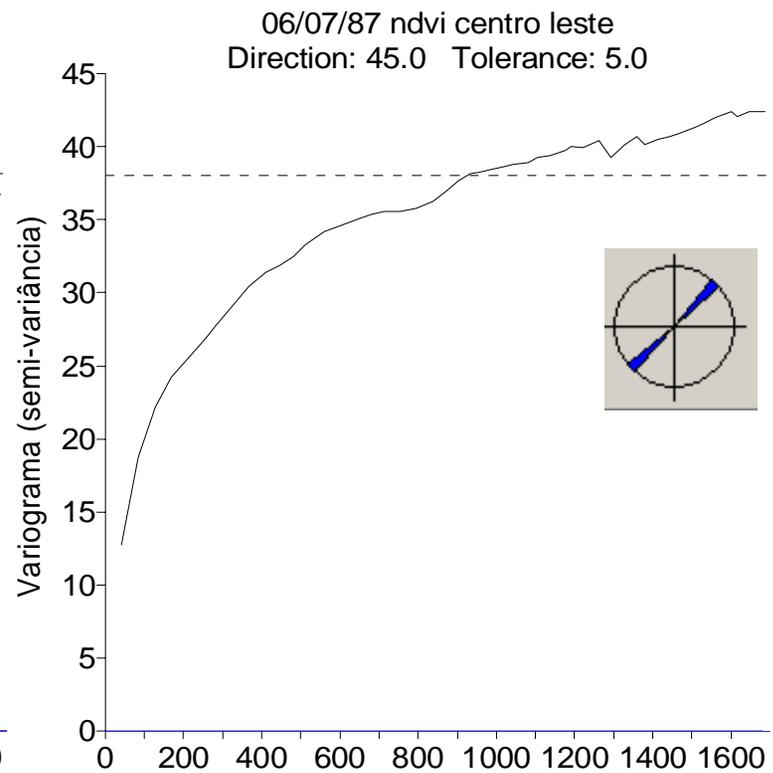
(b)

Agrup.	Clu 12	Clu 4	Clu 10	Clu 6	Clu 5	Clu 2	Clu 9	Clu 7	Clu 11	Clu 3	Clu 8
NDVI	46 - 63	64 - 78	96 - 111	112 - 119	120 - 123	124 - 128	129 - 135	136 - 143	144 - 151	152 - 163	12 - 171
N° píxeis			15.559	110.638	176.891	487.281	974.742	205.681	5.816		1.246

Figura 4.23. Local de amostragem centro leste em 06/07/87. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).



(a)



(b)

Figura 4.24. Variogramas da janela “centro leste” na data de 06/07/87. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

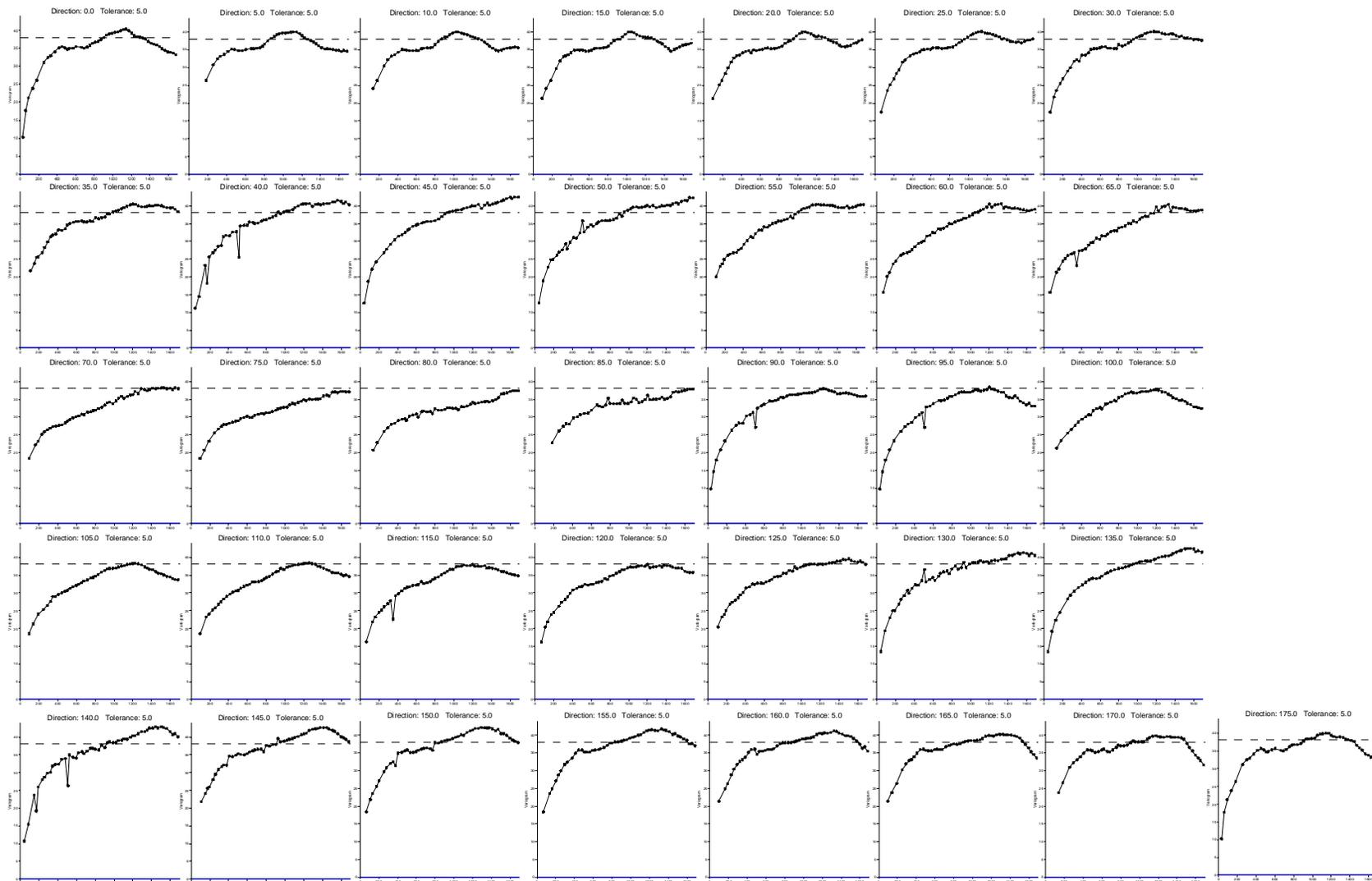
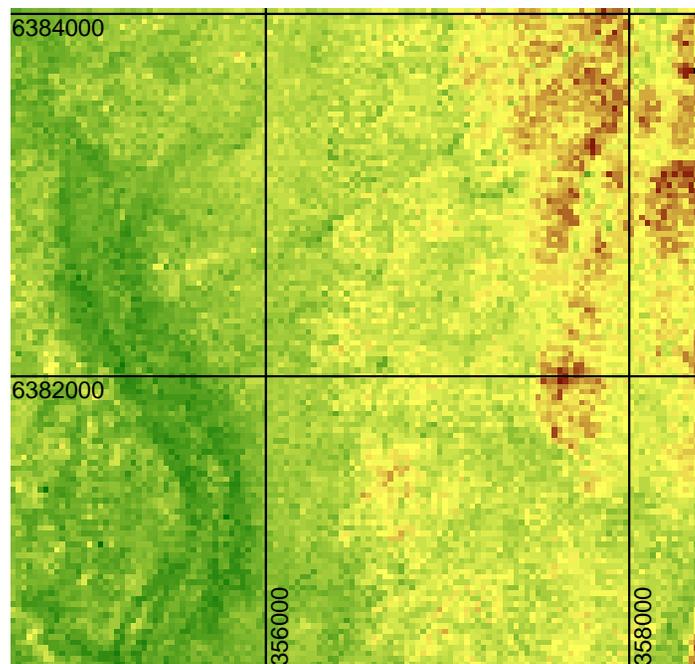
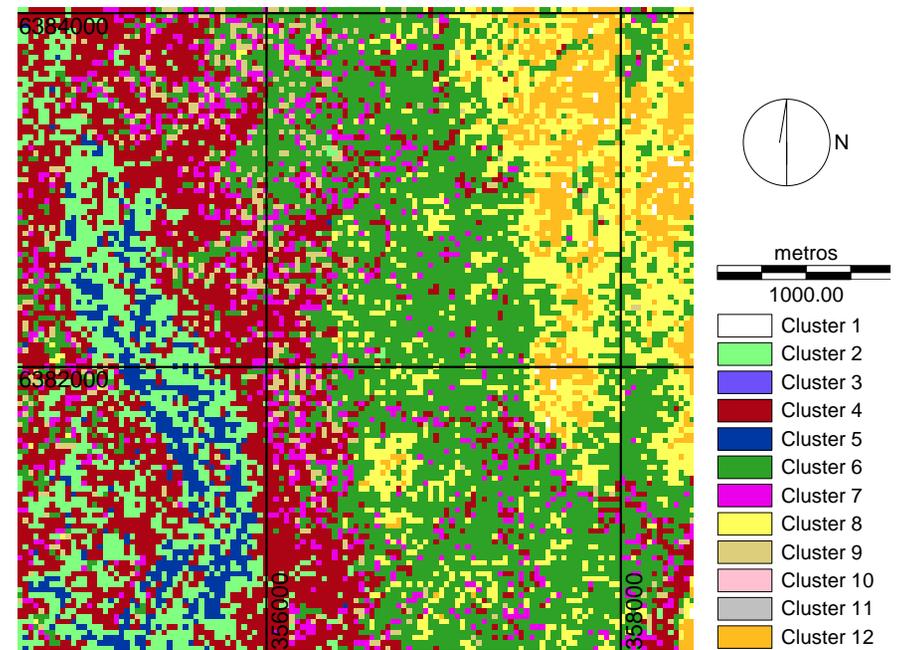


Figura 4.25. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 07/07/87. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



09/05/95 NDVI transf centro leste

(a)



09/05/95 Agrup NDVI transf centro leste

(b)

Agrup.	Clu 10	Clu 3	Clu 12	Clu 8	Clu 6	Clu 9	Clu 7	Clu 4	Clu 2	Clu 5	Clu 11
NDVI	14 - 53	55 - 90	91 - 115	116 - 123	124 - 130	131	132	133 - 138	139 - 142	143 - 158	159 - 170
N° píxeis			108.034	238.070	639.784	72.574	135.696	484.828	224.455	84.804	

Figura 4.26. Local de amostragem centro leste em 09/05/95. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

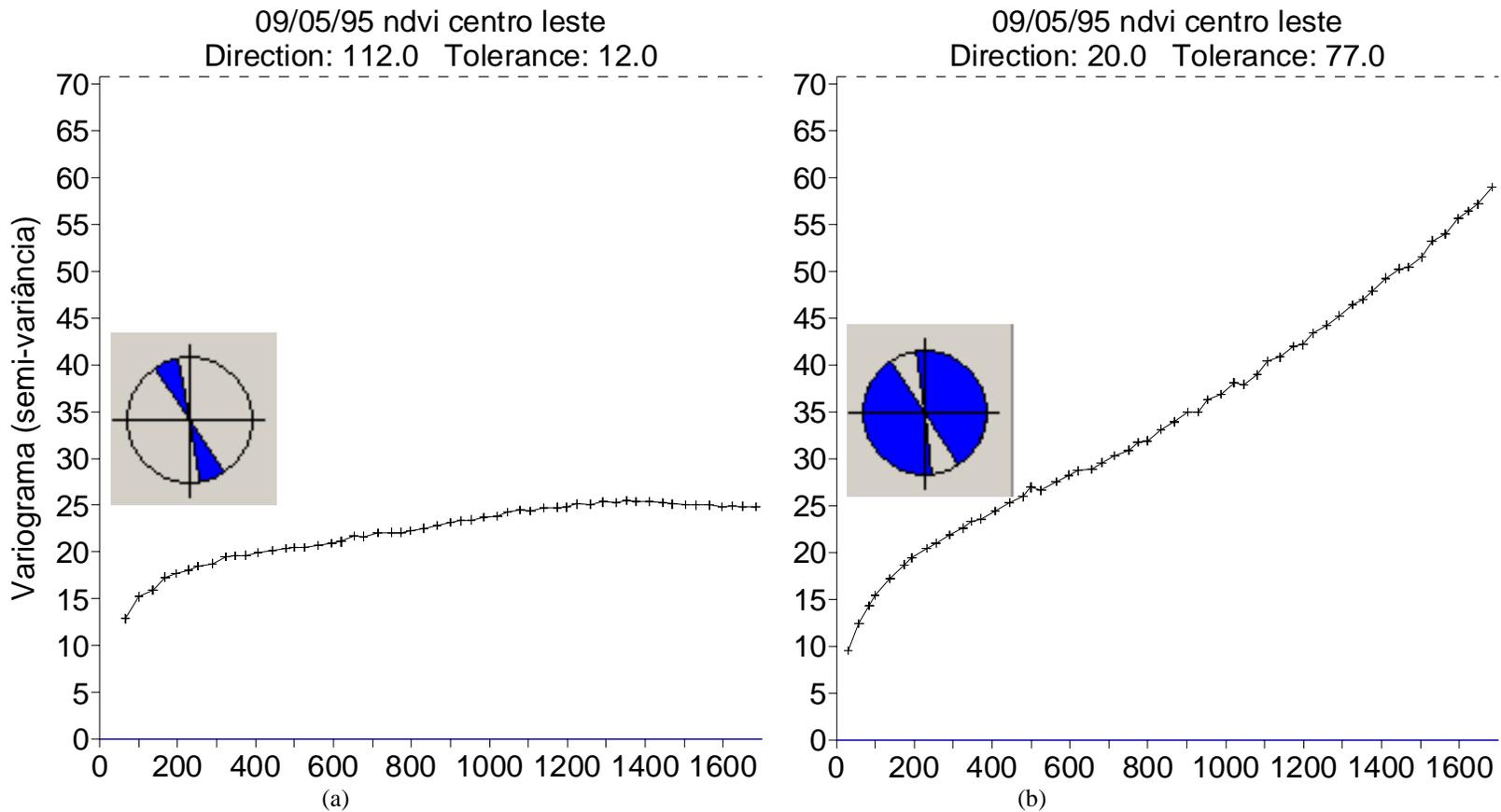


Figura 4.27. Variogramas da janela “centro leste” na data de 09/05/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

09/05/95 ndvi centro leste dados corrigidos para retirada de tendência

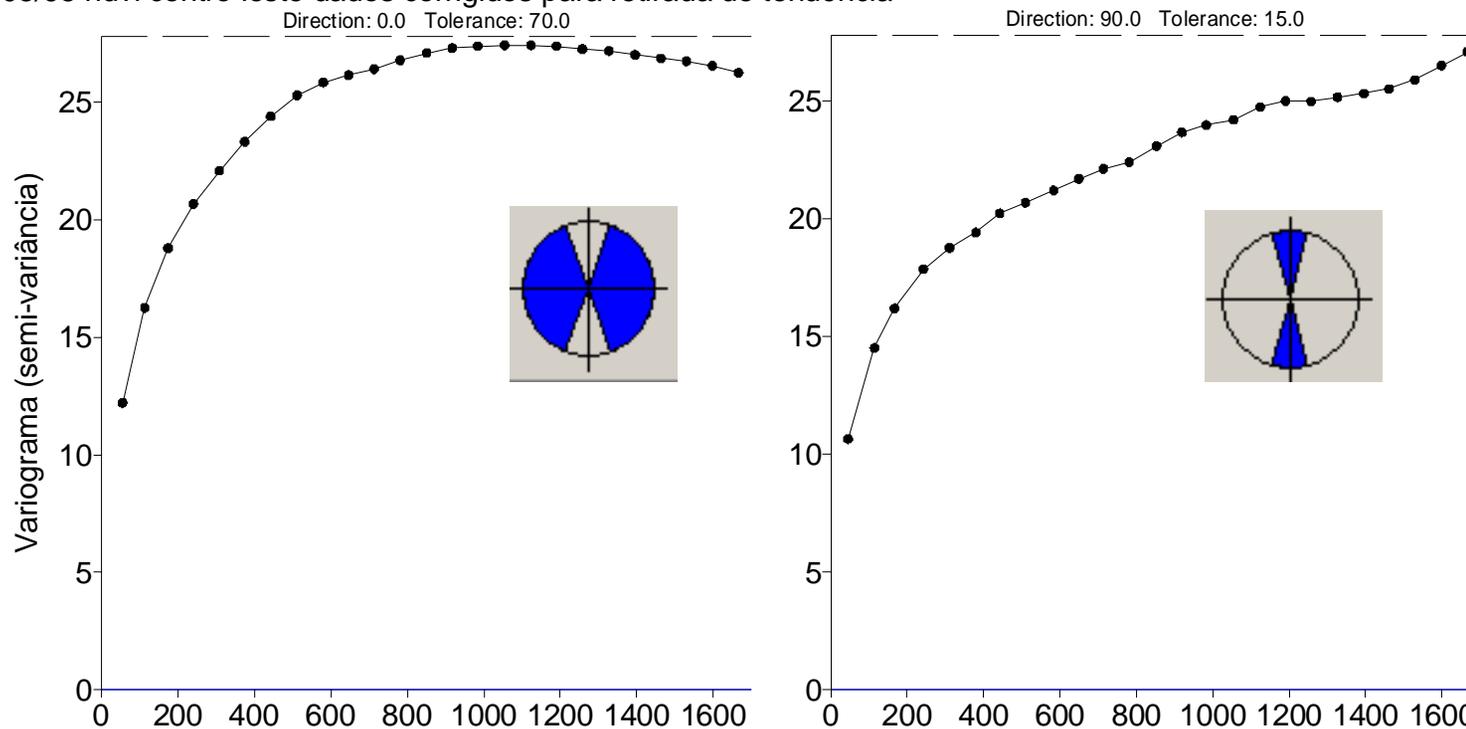


Figura 4.28. Variogramas dos dados corrigidos para remoção da tendência, da janela “centro leste”, na data de 09/05/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

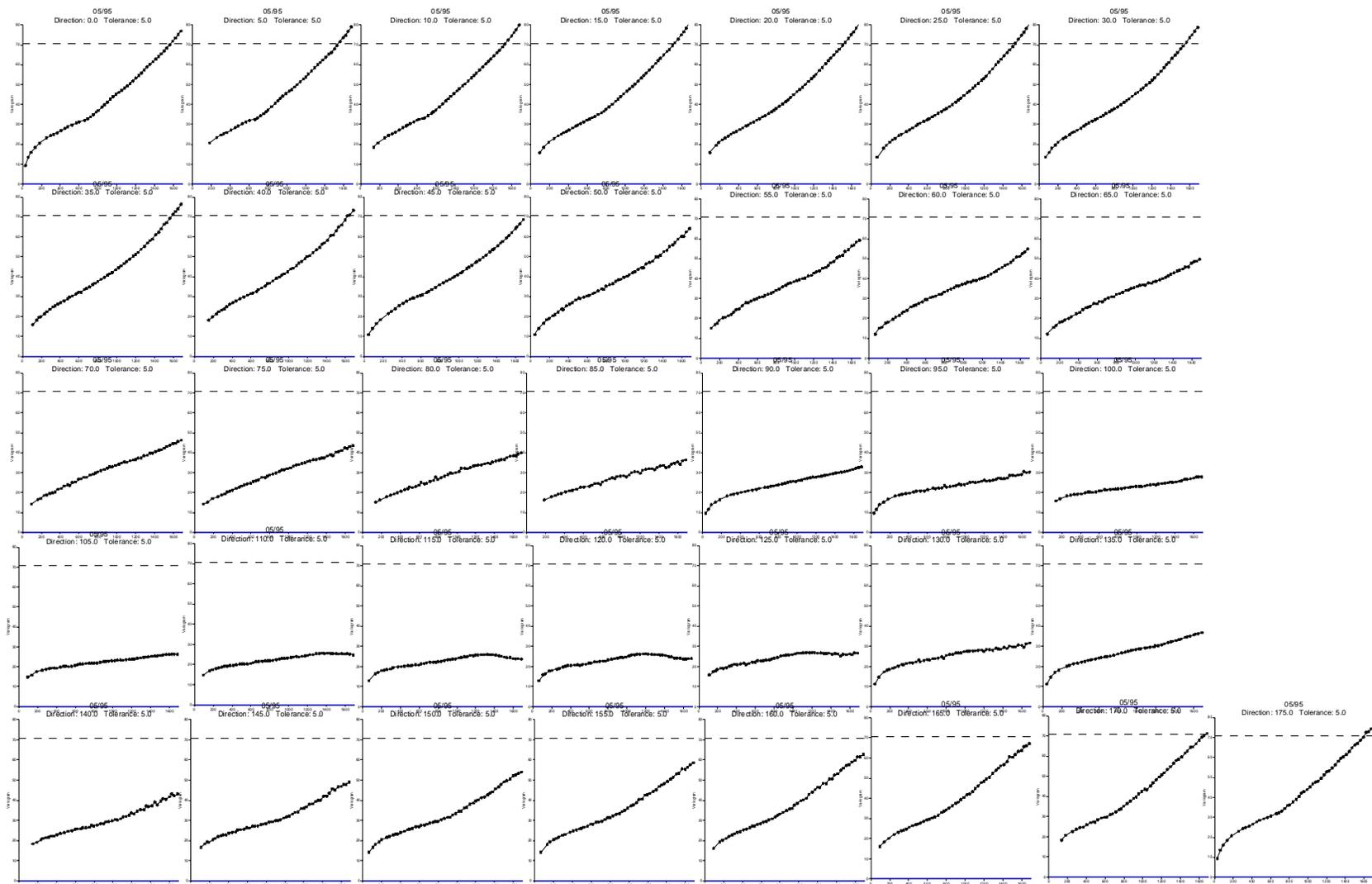


Figura 4.29. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 09/05/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

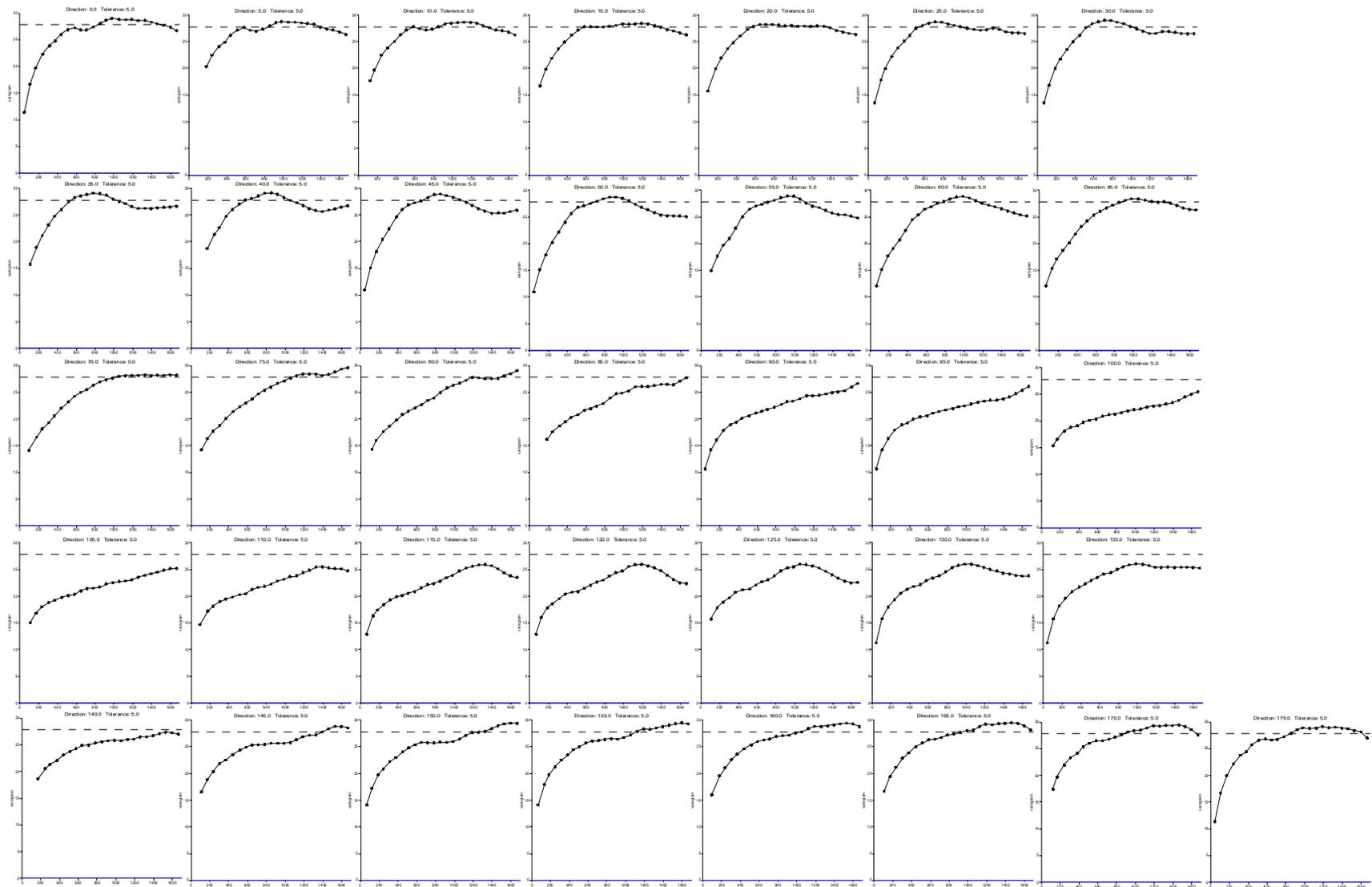
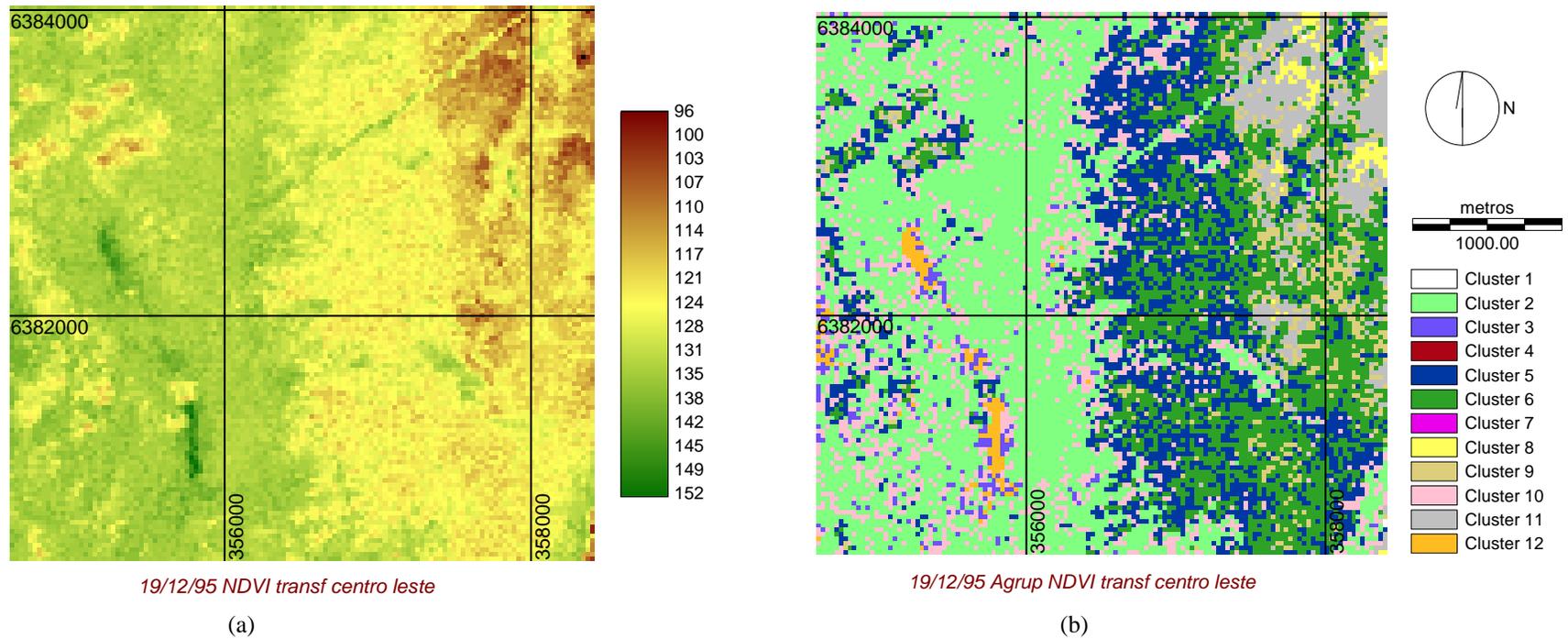


Figura 4.30. Semivariogramas da variável NDVI corrigida da janela centro leste da imagem de 09/05/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



Agrup.	Clu 4	Clu 7	Clu 8	Clu 11	Clu 9	Clu 6	Clu 5	Clu 2	Clu 3	Clu 12	Clu 10
NDVI	38 - 68	63 - 83	84 - 108	109 - 116	117 - 118	119 - 123	124 - 127	130 - 134	137 - 138	139 - 152	128 - 163
N° píxeis			15.471	99.329	73.809	358.926	345.480	717.655	39.011	22.107	279.909

Figura 4.31. Local de amostragem centro leste em 19/12/95. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

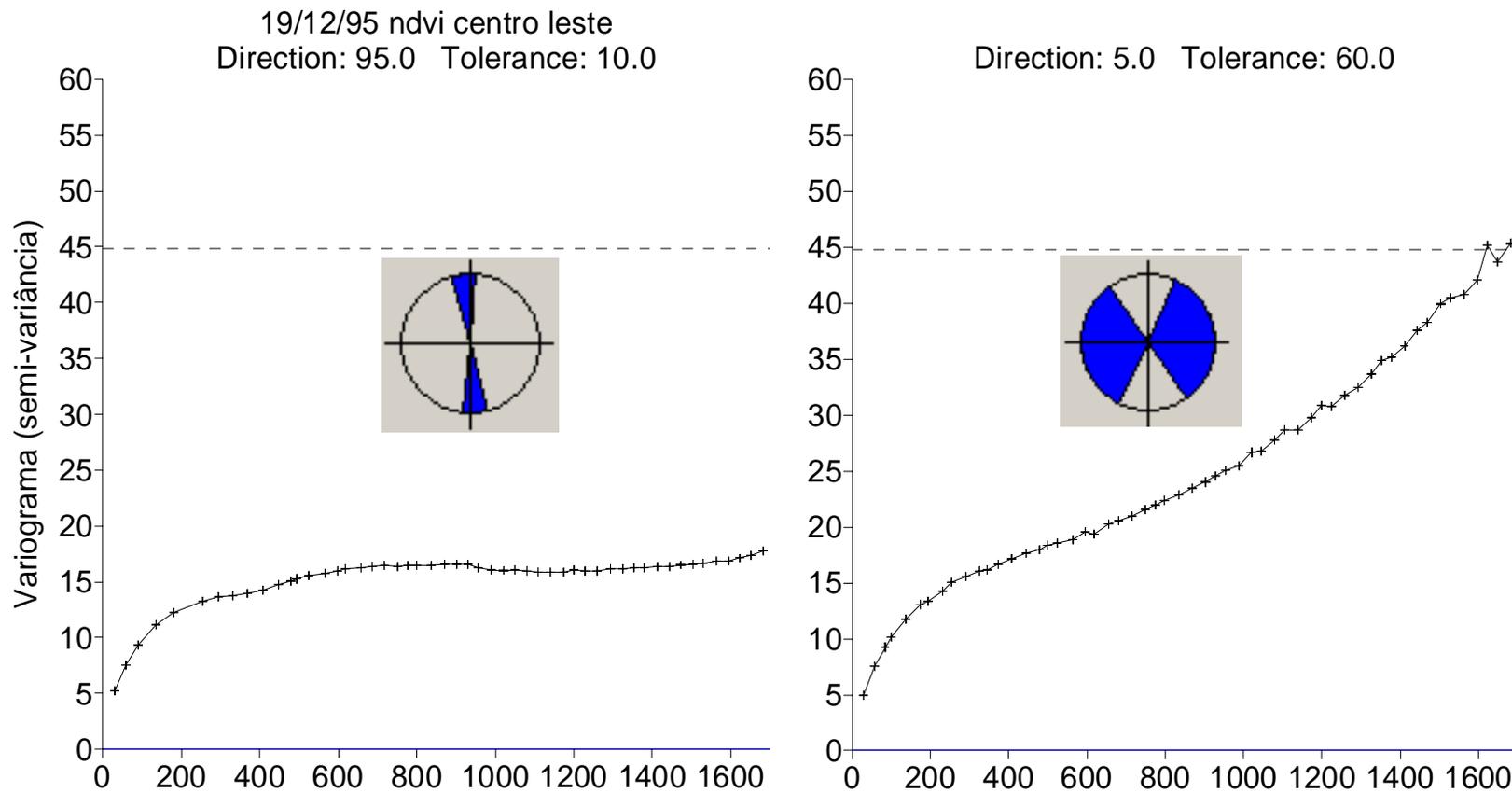


Figura 4.32. Variogramas da janela “centro leste” na data de 19/12/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

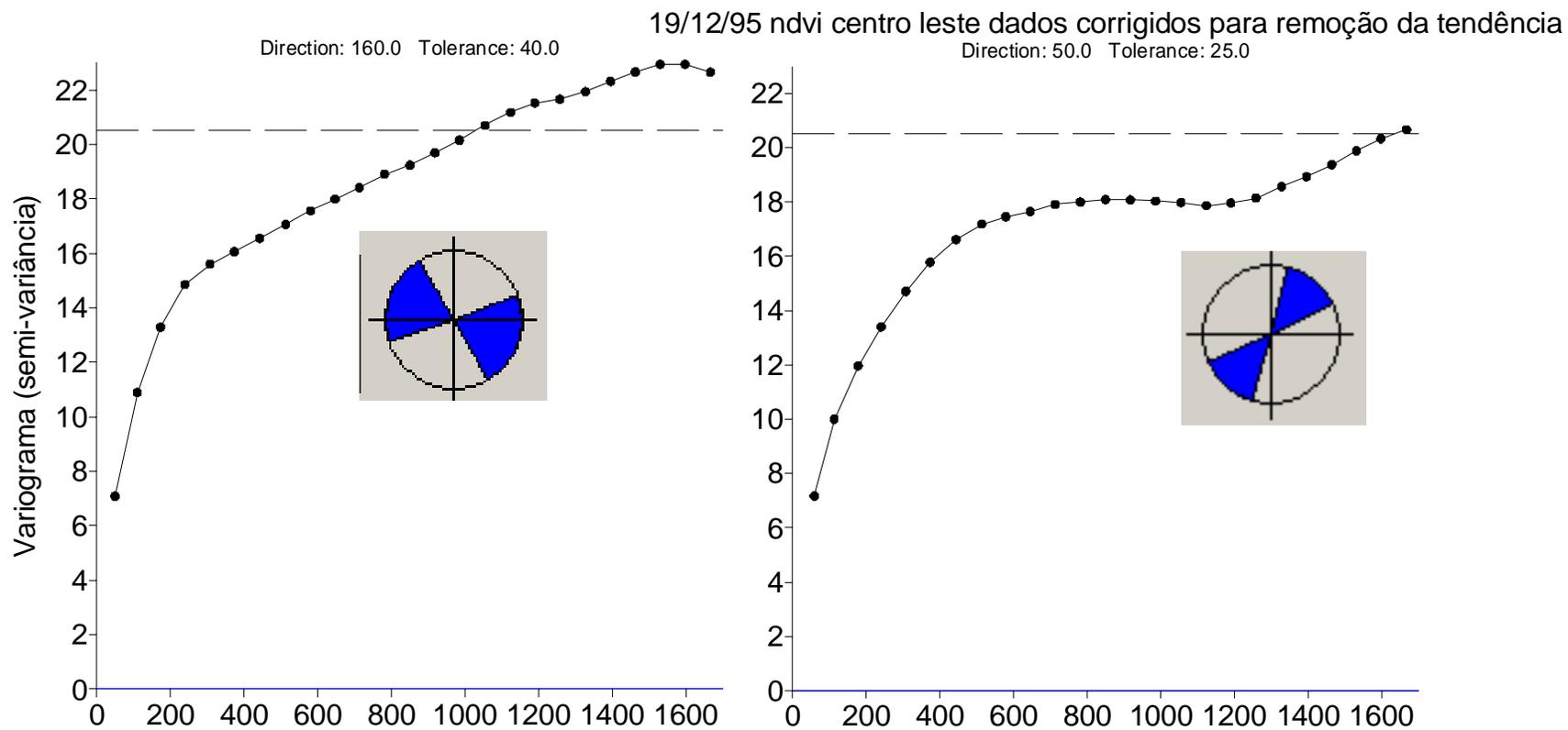


Figura 4.33. Variogramas dos dados corrigidos para remoção da tendência, da janela “centro leste”, na data de 19/12/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

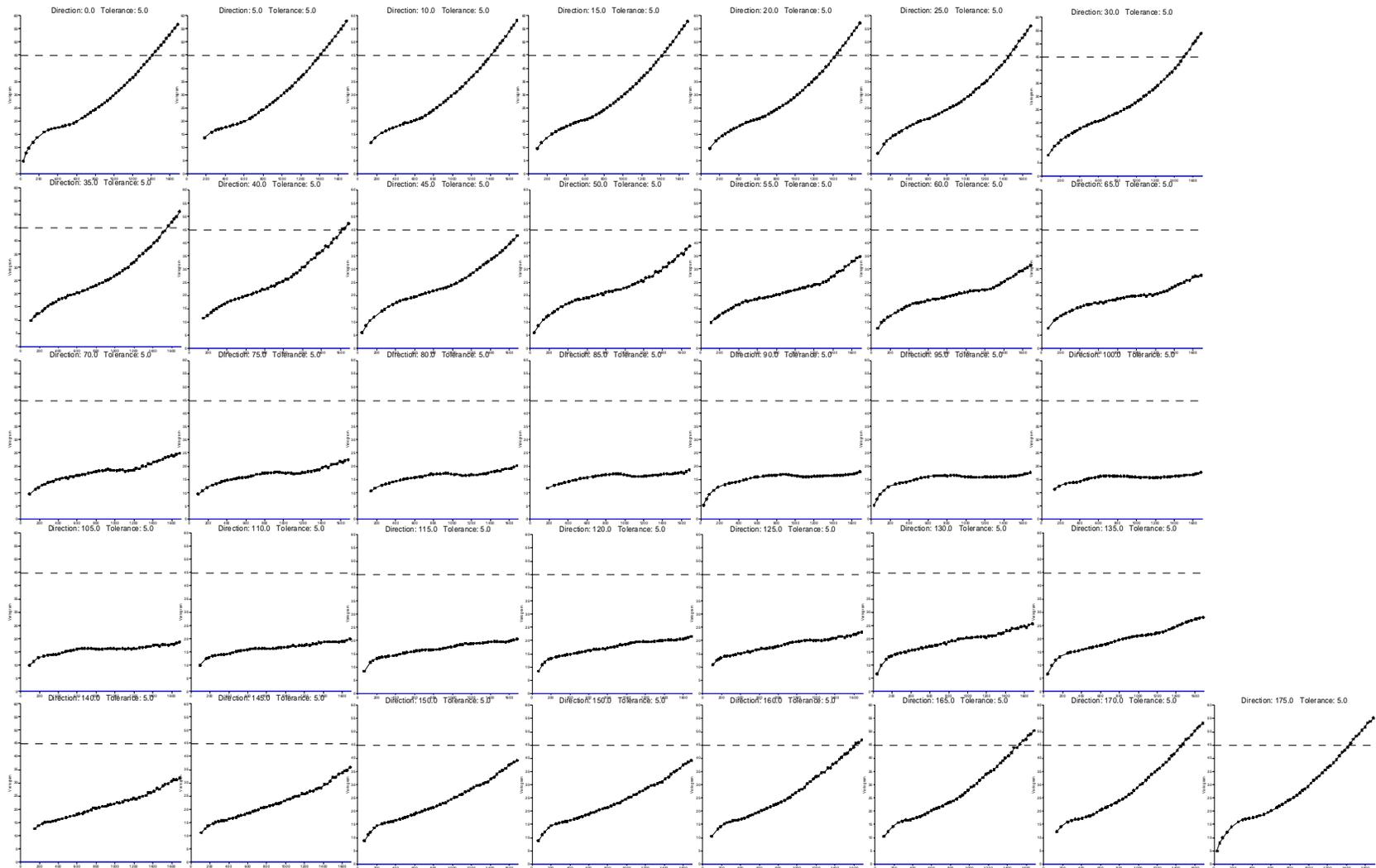


Figura 4.34. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 19/12/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

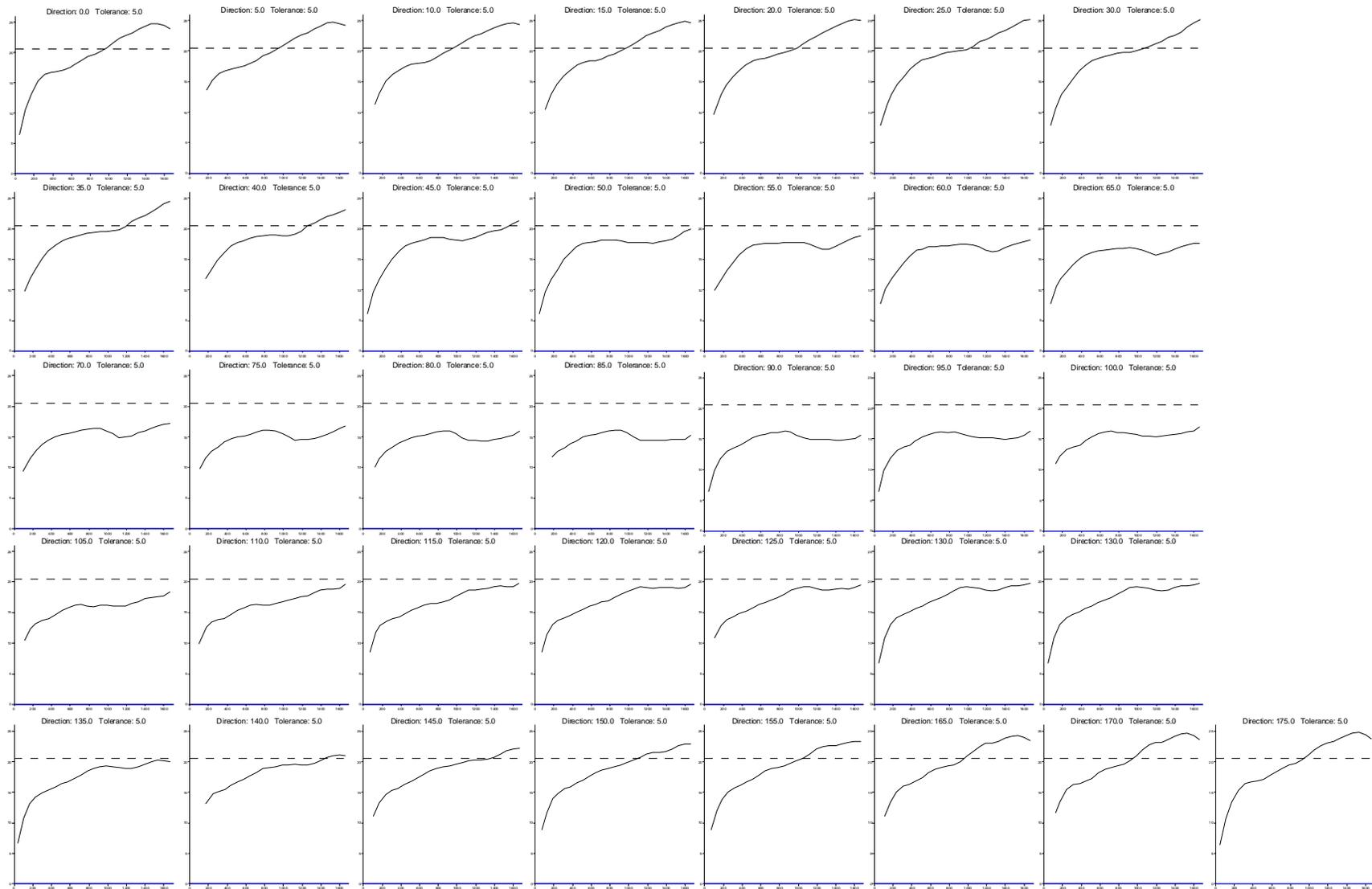
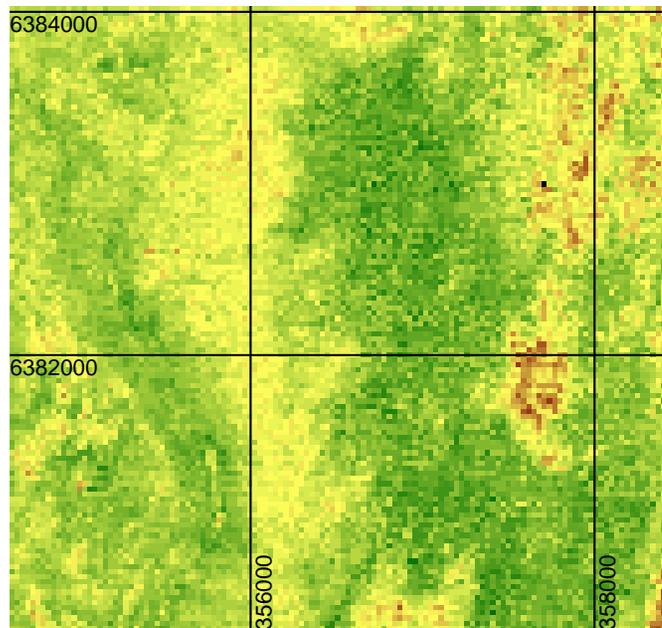
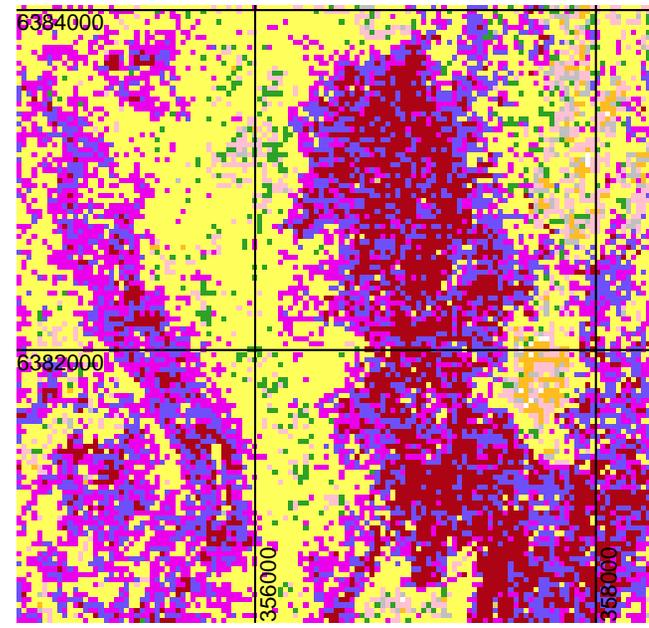


Figura 4.35. Semivariogramas da variável NDVI corrigida da janela centro leste da imagem de 19/12/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



30/07/96 NDVI transf centro leste

(a)



30/07/96 Agrup NDVI transf centro leste

(b)

Agrup.	Clu 2	Clu 12	Clu 11	Clu 10	Clu 6	Clu 8	Clu 7	Clu 3	Clu 4	Clu 5	Clu 9
NDVI	0 - 75	76 - 107	108 - 110	111 - 114	115	116 - 122	123 - 125	126 - 128	129 - 138	151 - 161	139 - 200
N° píxeis		18.623	19.592	84.673	44.045	691.999	387.583	320.615	315.289		278

Figura 4.36. Local de amostragem centro leste em 30/07/96. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

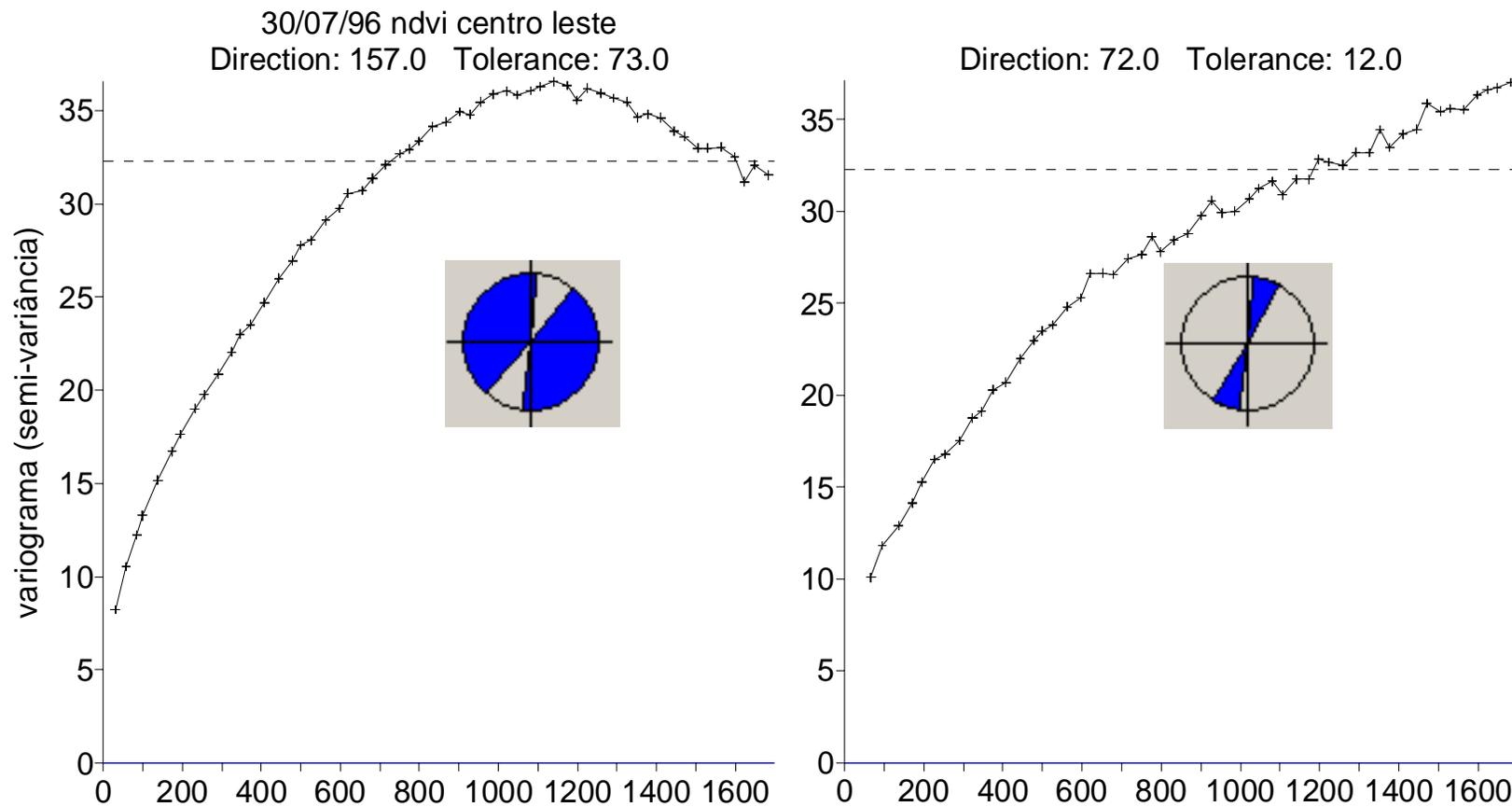


Figura 4.37. Variogramas da janela “centro leste” na data de 30/07/96. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

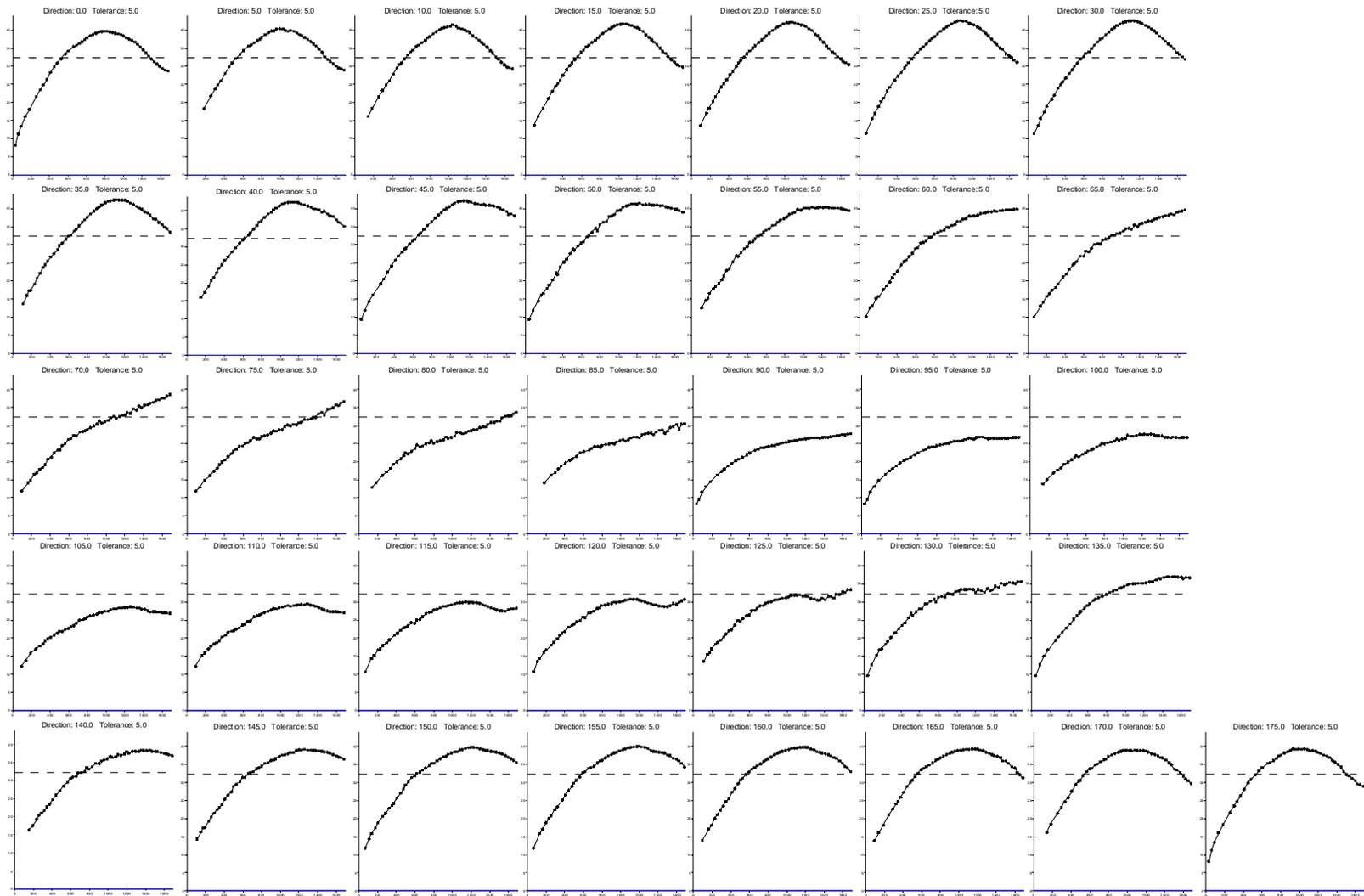
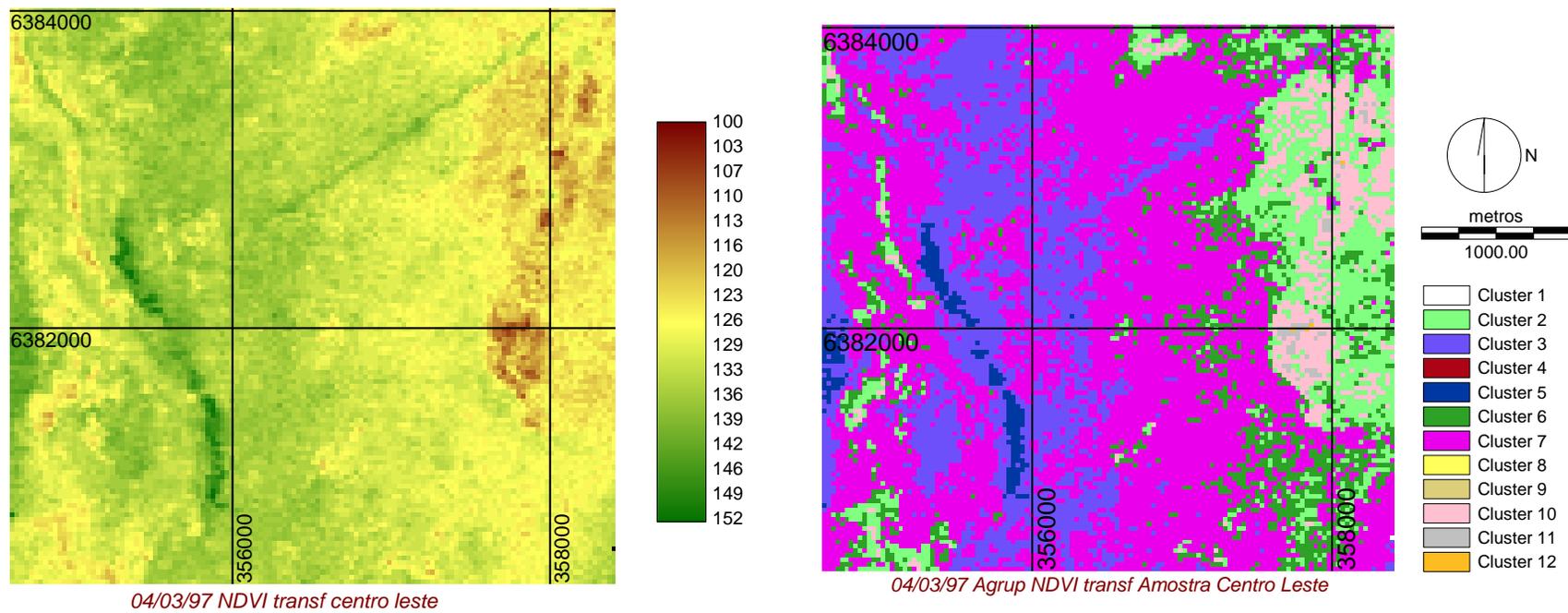


Figura 4.38. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 30/07/96. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



(a)

(b)

Agrup.	Clu 4	Clu 9	Clu 12	Clu 10	Clu 2	Clu 6	Clu 7	Clu 3	Clu 5	Clu 8	Clu 11
NDVI	24 - 63	64 - 84	85 - 106	113 - 121	122 - 125	126 - 127	128 - 134	135 - 141	142 - 165		107 - 171
N° píxeis			422	111.003	218.748	189.911	1.017.177	437.479	32.535		6.067

Figura 4.39 Local de amostragem centro leste em 04/03/97. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

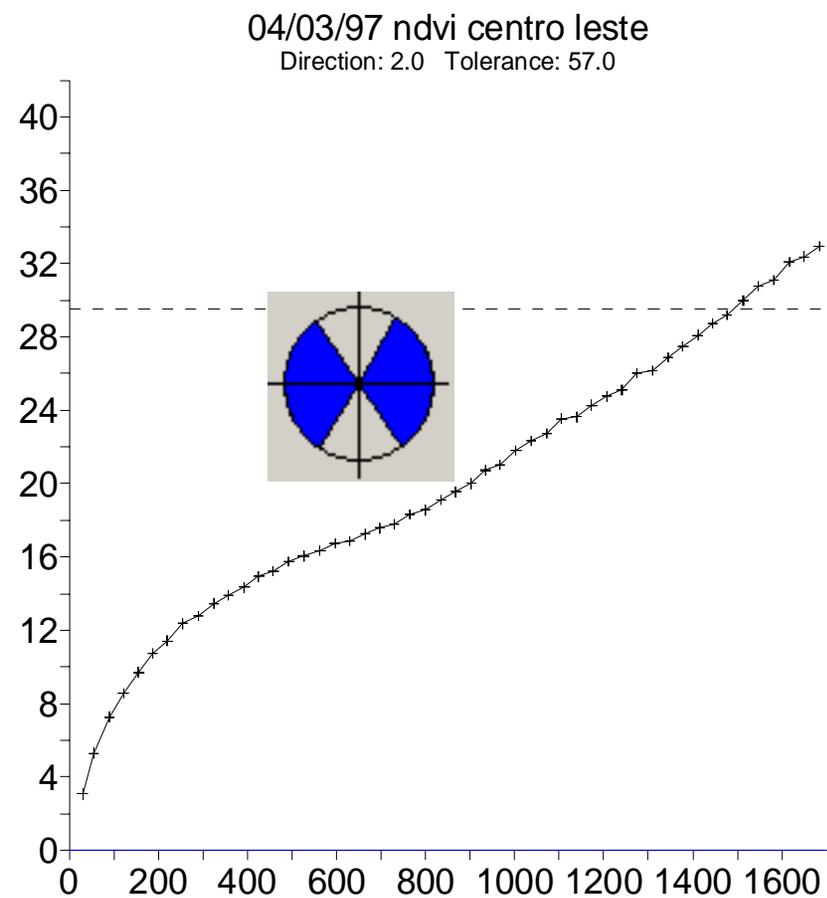
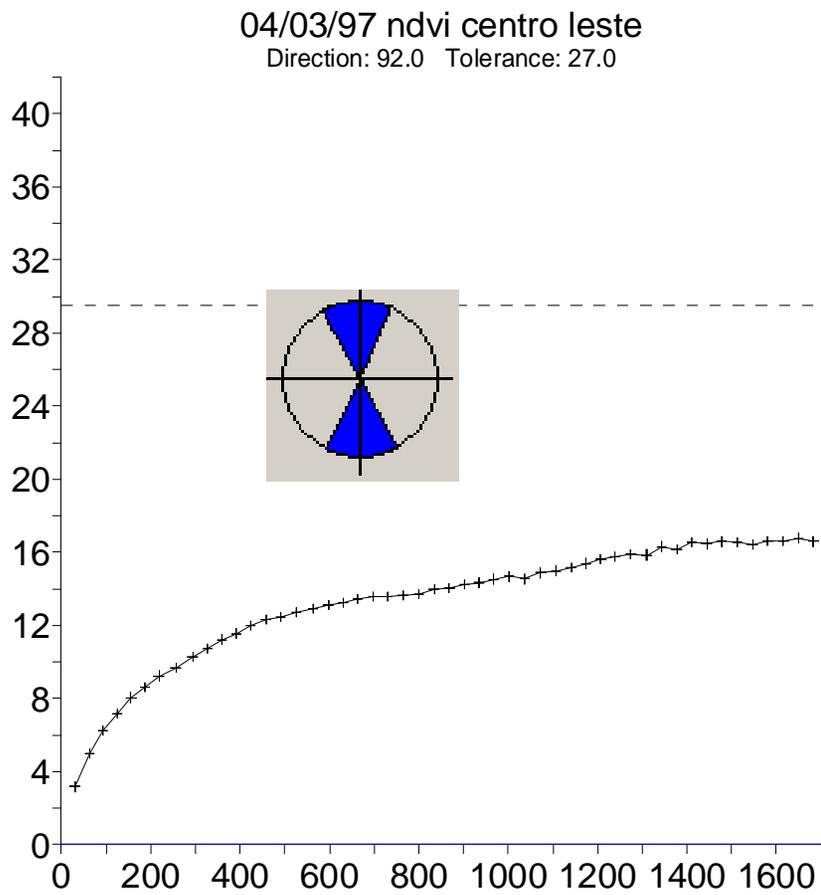


Figura 4.40. Variogramas da janela “centro leste” na data 04/03/97. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

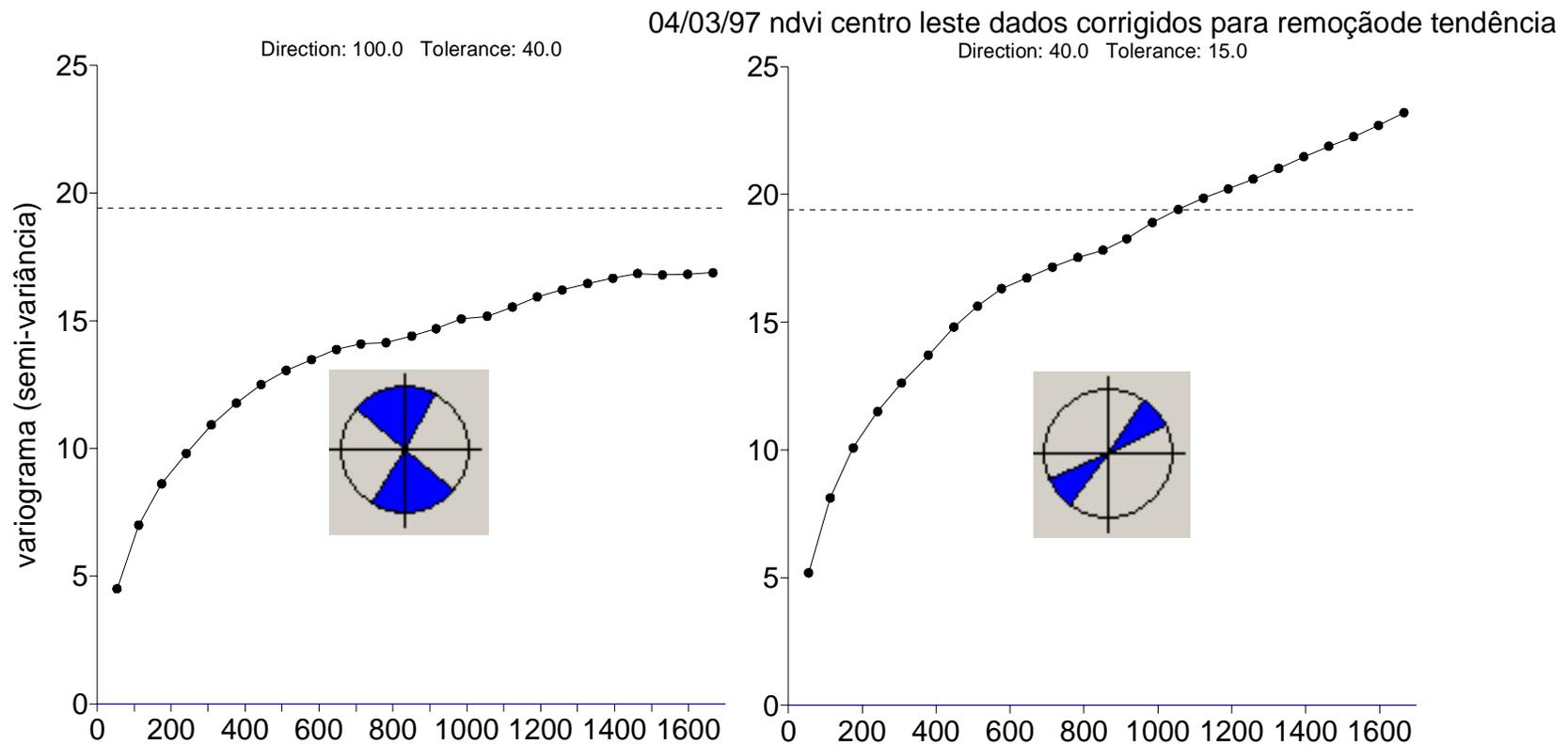


Figura 4.41. Variogramas dos dados corrigidos para remoção da tendência da janela “centro leste” na data 04/03/97. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

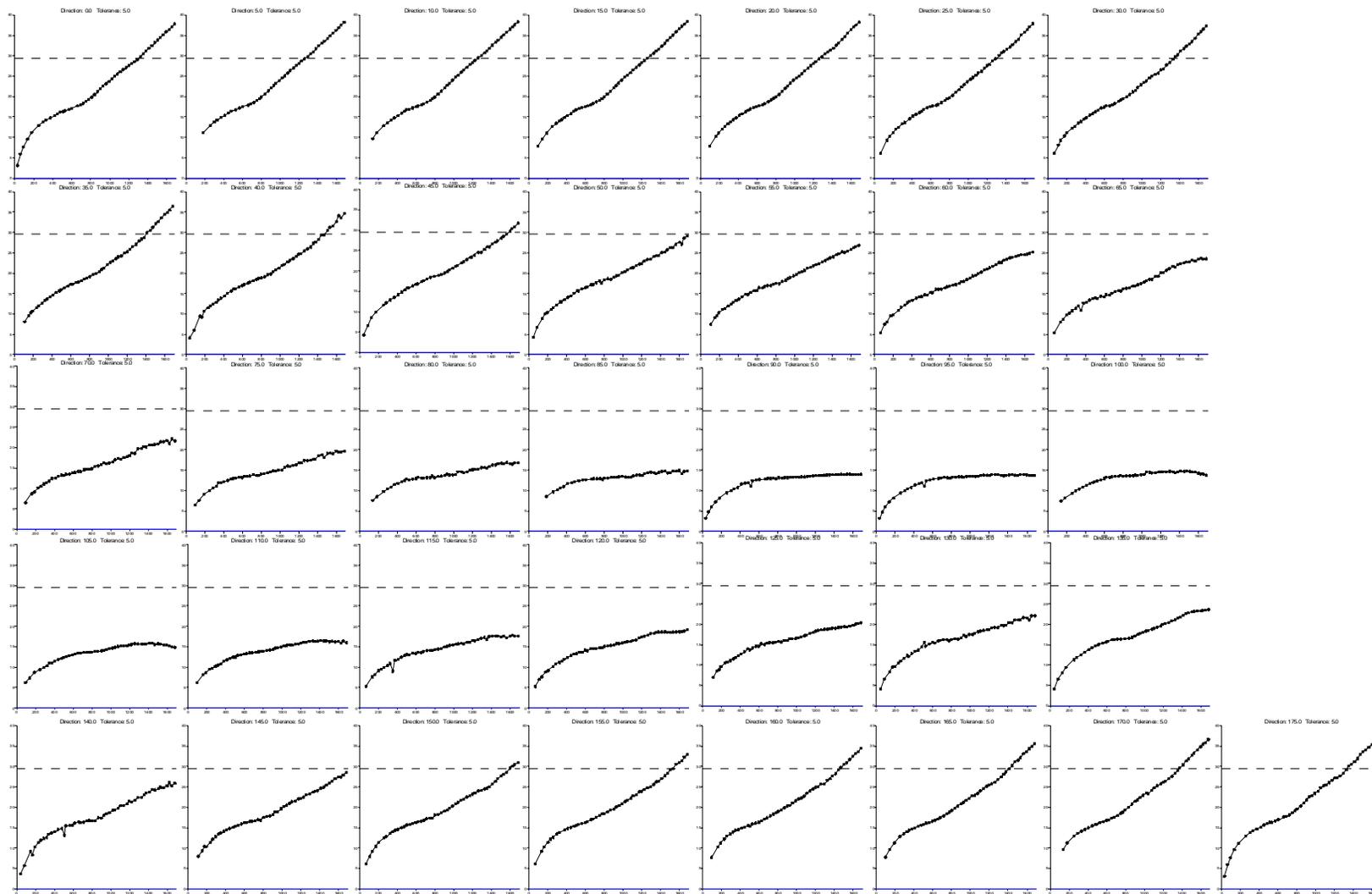


Figura 4.42. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 04/03/97. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175°.

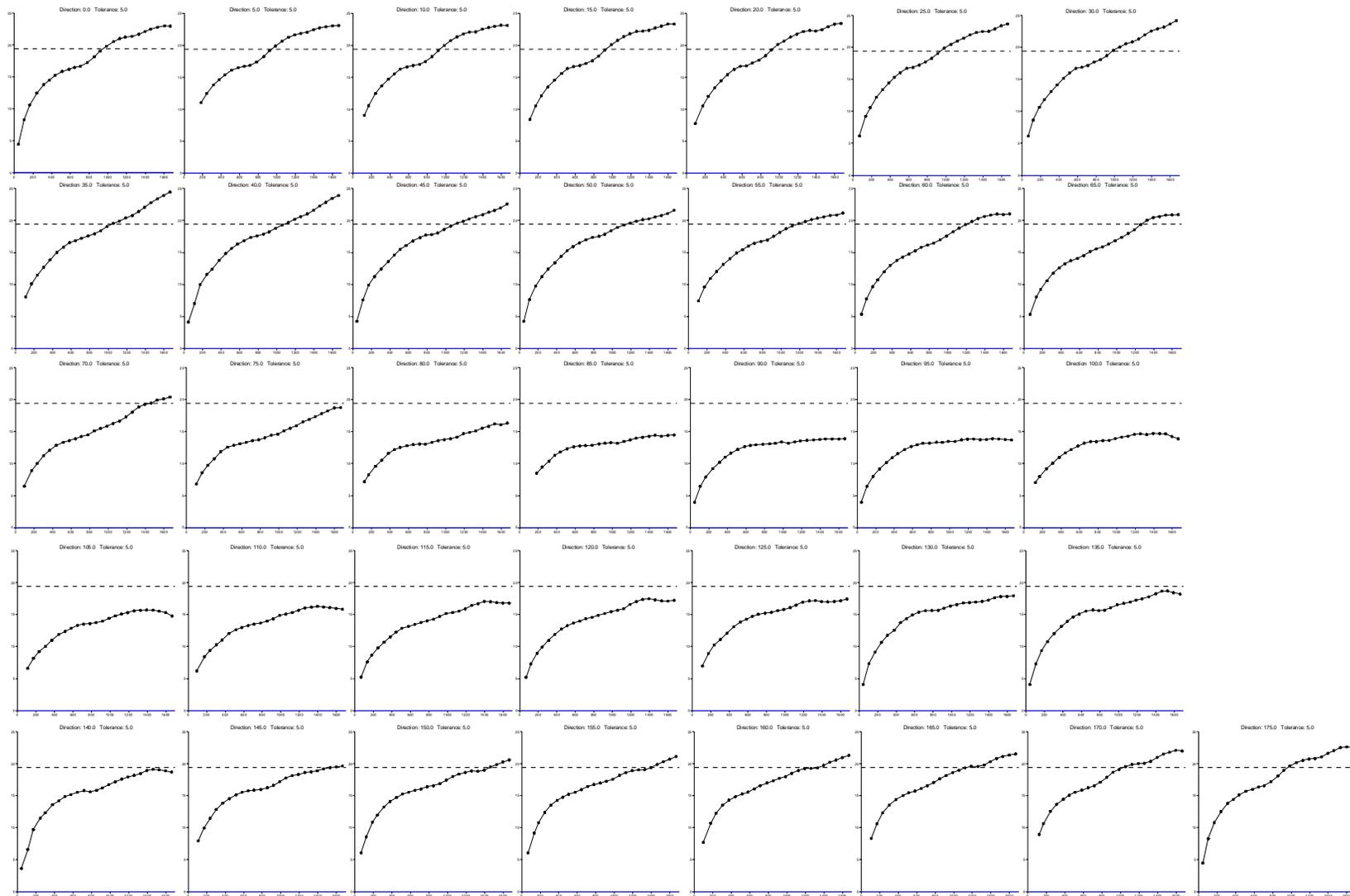
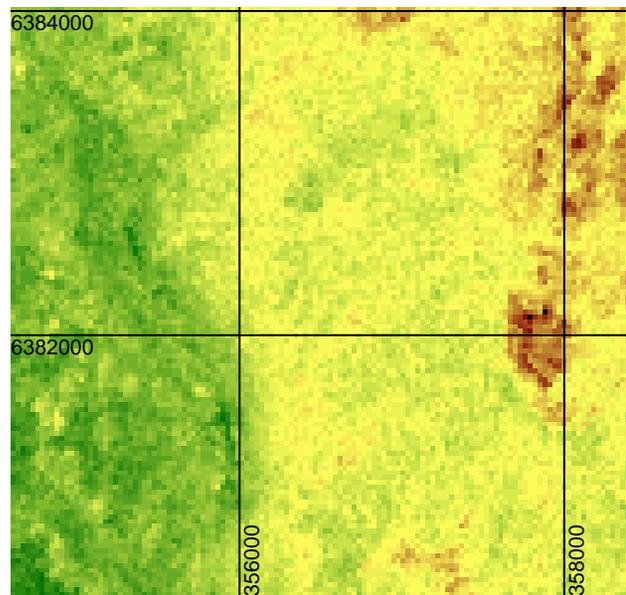
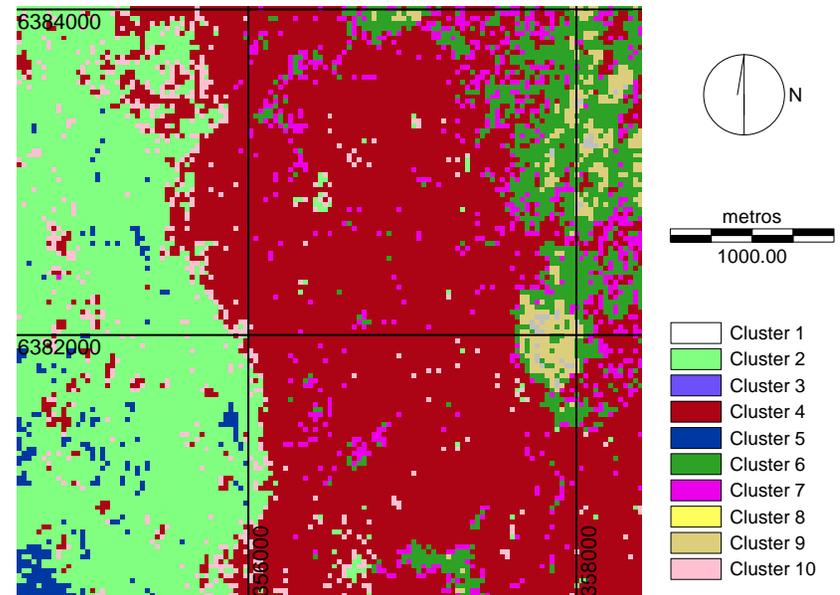


Figura 4.43. Semivariogramas da variável NDVI corrigida da janela centro leste da imagem de 04/03/97. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



17/09/99 NDVI transf centro leste

(a)



17/09/99 Agrup NDVI transf centro leste

(b)

Agrup.	Clu 8	Clu 3	Clu 12	Clu 11	Clu 9	Clu 6	Clu 7	Clu 4	Clu 10	Clu 2	Clu 5
NDVI	52 - 70	71 - 81	48-105	106-110	111-116	117-121	122	123-128	129	130 - 136	137 - 157
N° píxeis				4.036	37.882	157.494	88.322	1.000.596	72.111	554.460	31.670

Figura 4.44. Local de amostragem centro leste em 17/09/99. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

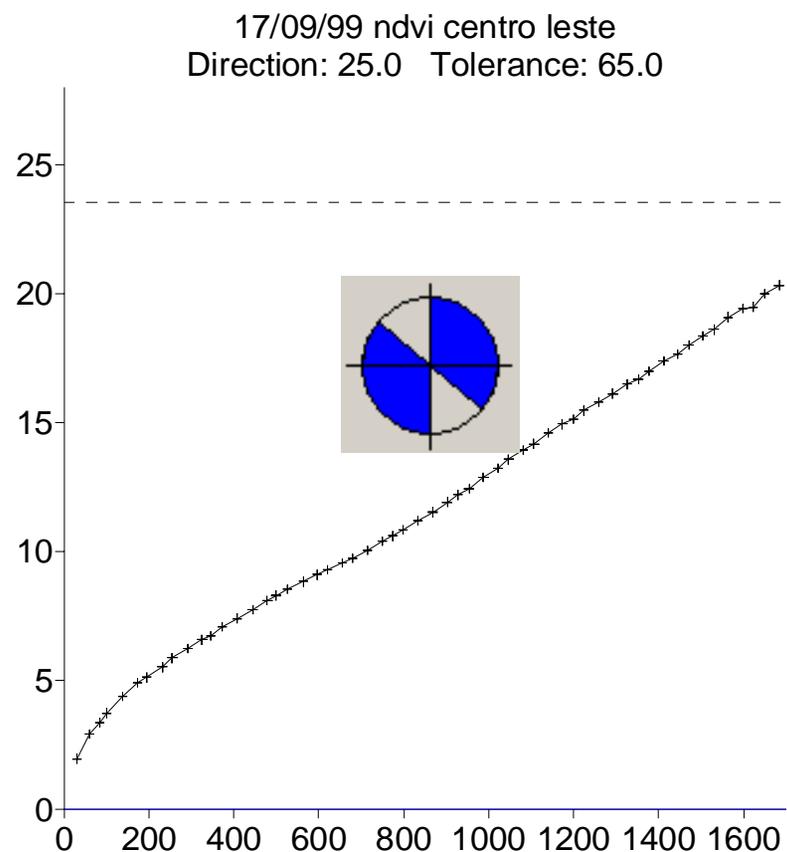
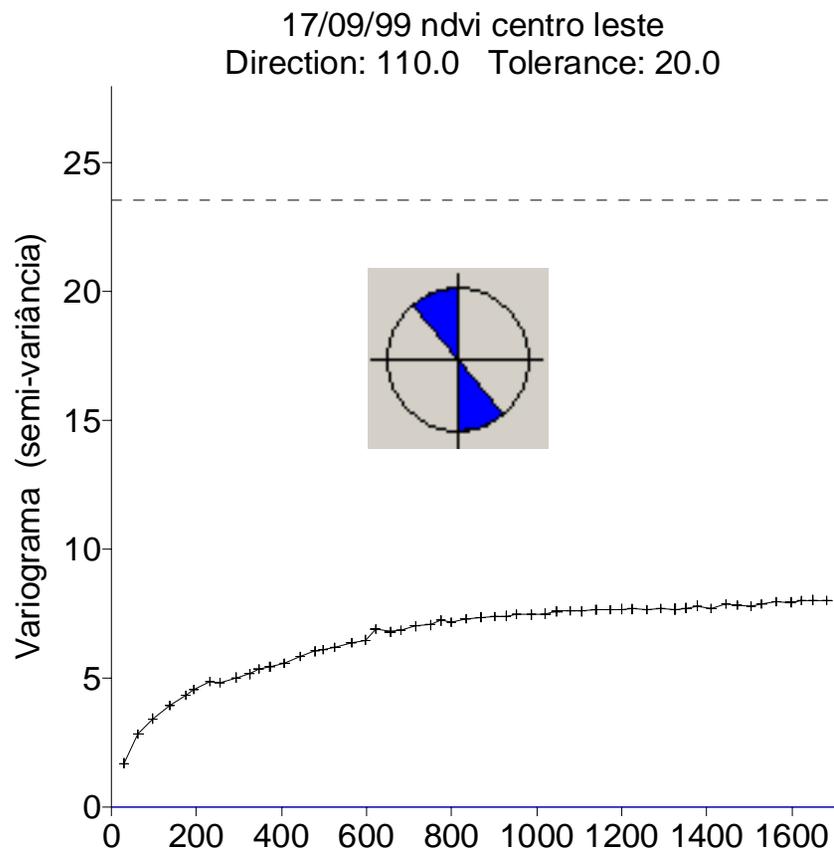


Figura 4.45. Variogramas da janela “centro leste” na data de 17/09/99. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

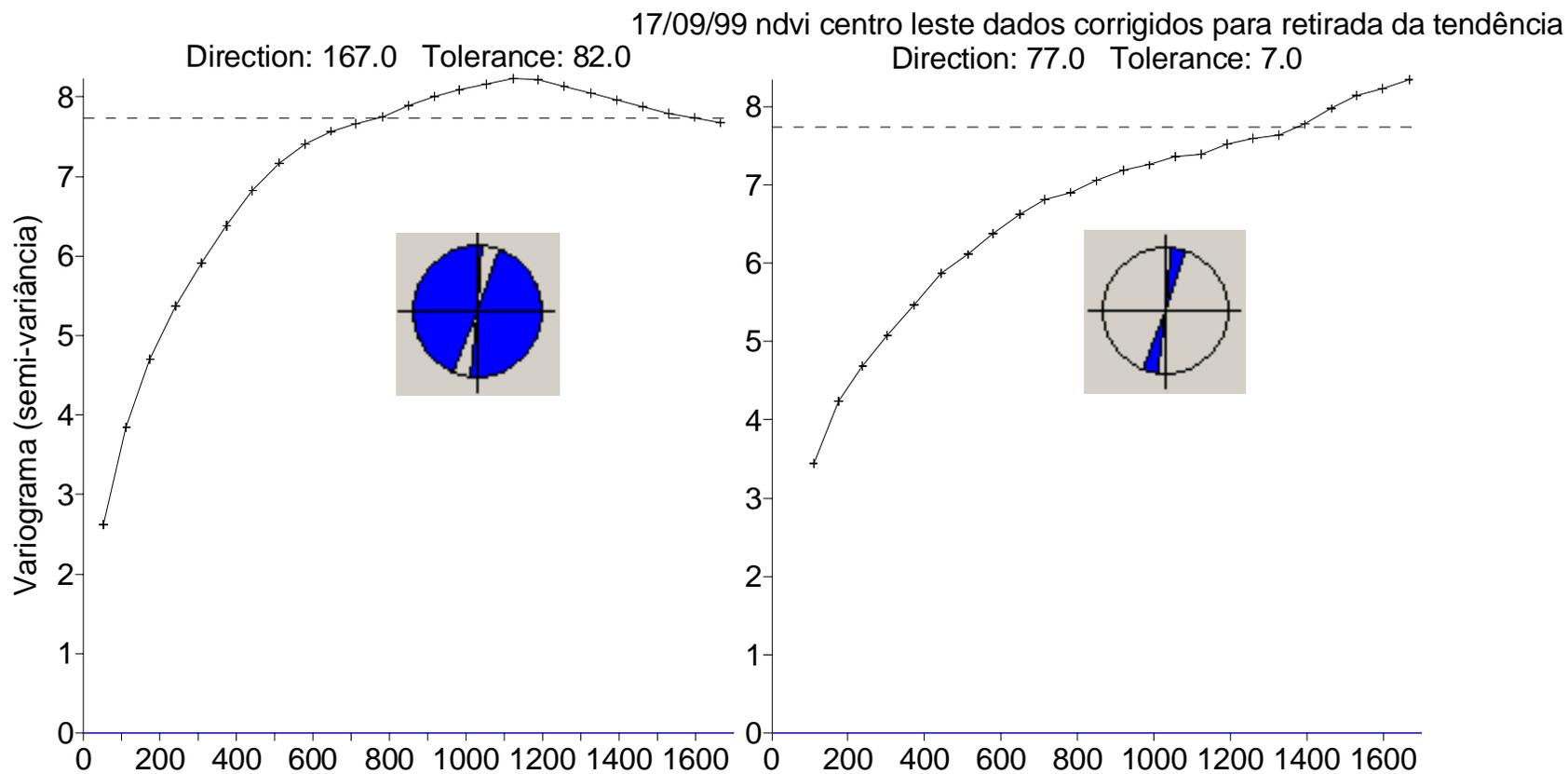


Figura 4.46. Variogramas dos dados corrigidos para remoção da tendência, da janela “centro leste”, na data de 17/09/99. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

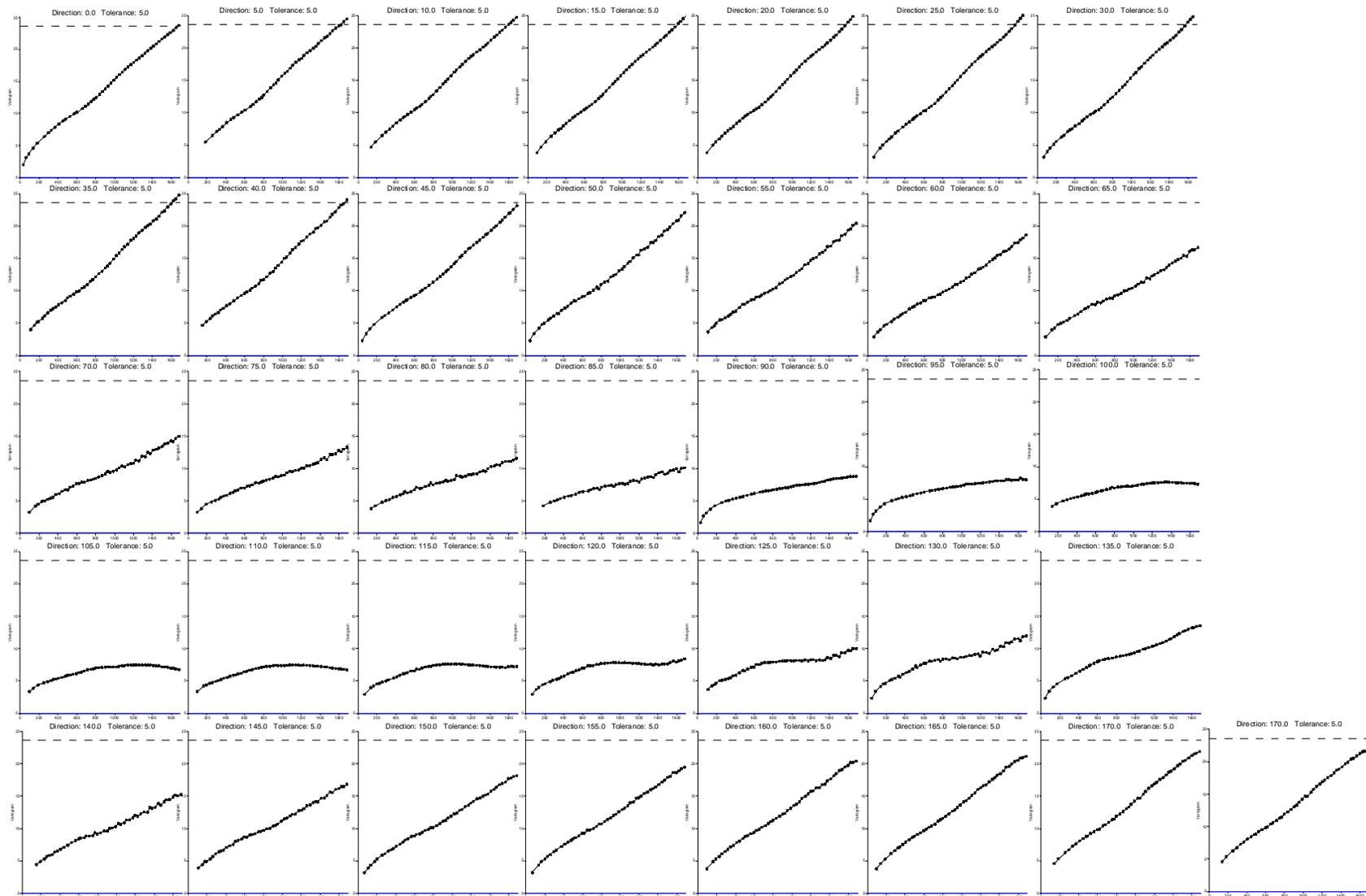


Figura 4.47. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 17/09/99. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

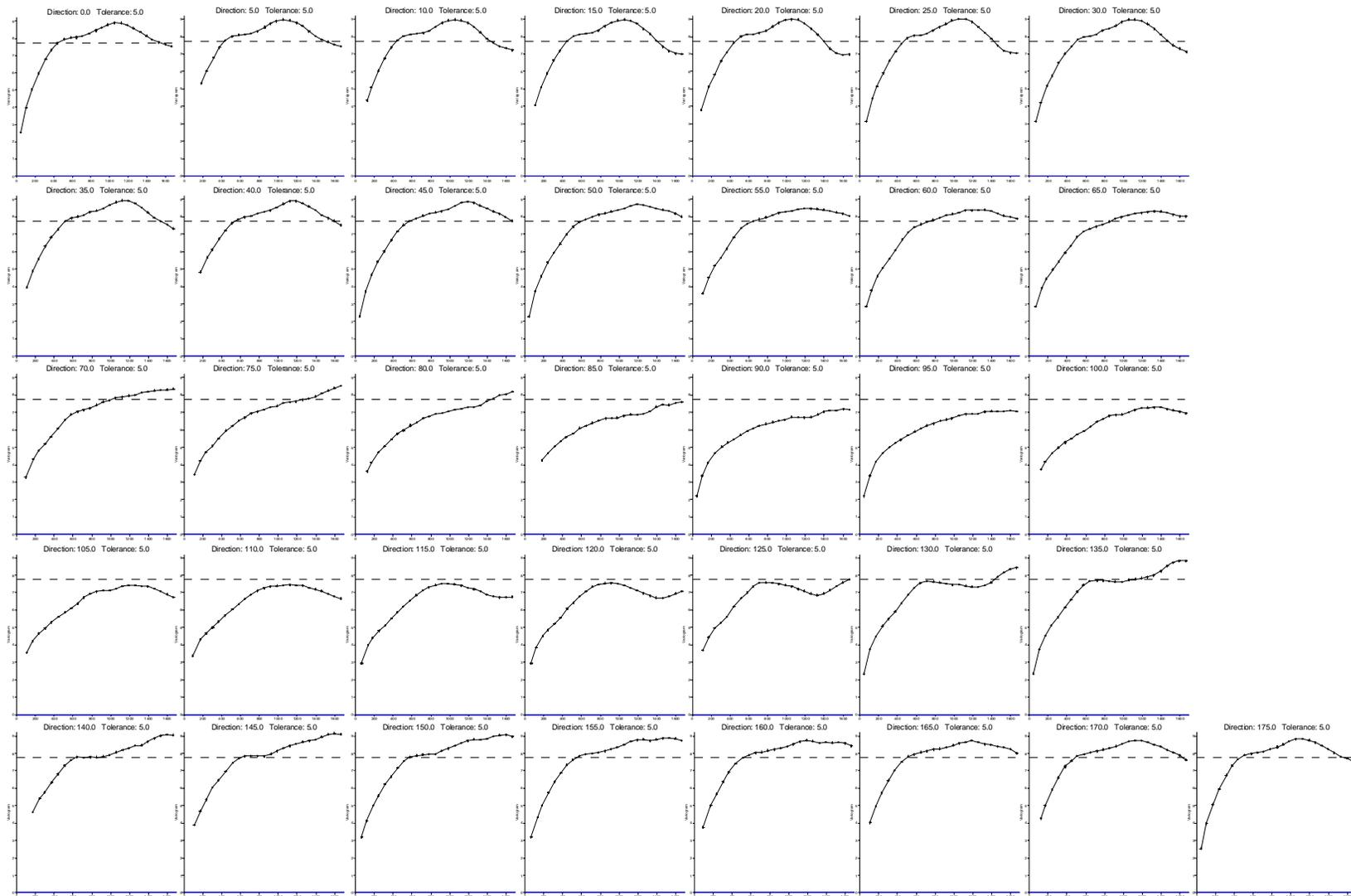
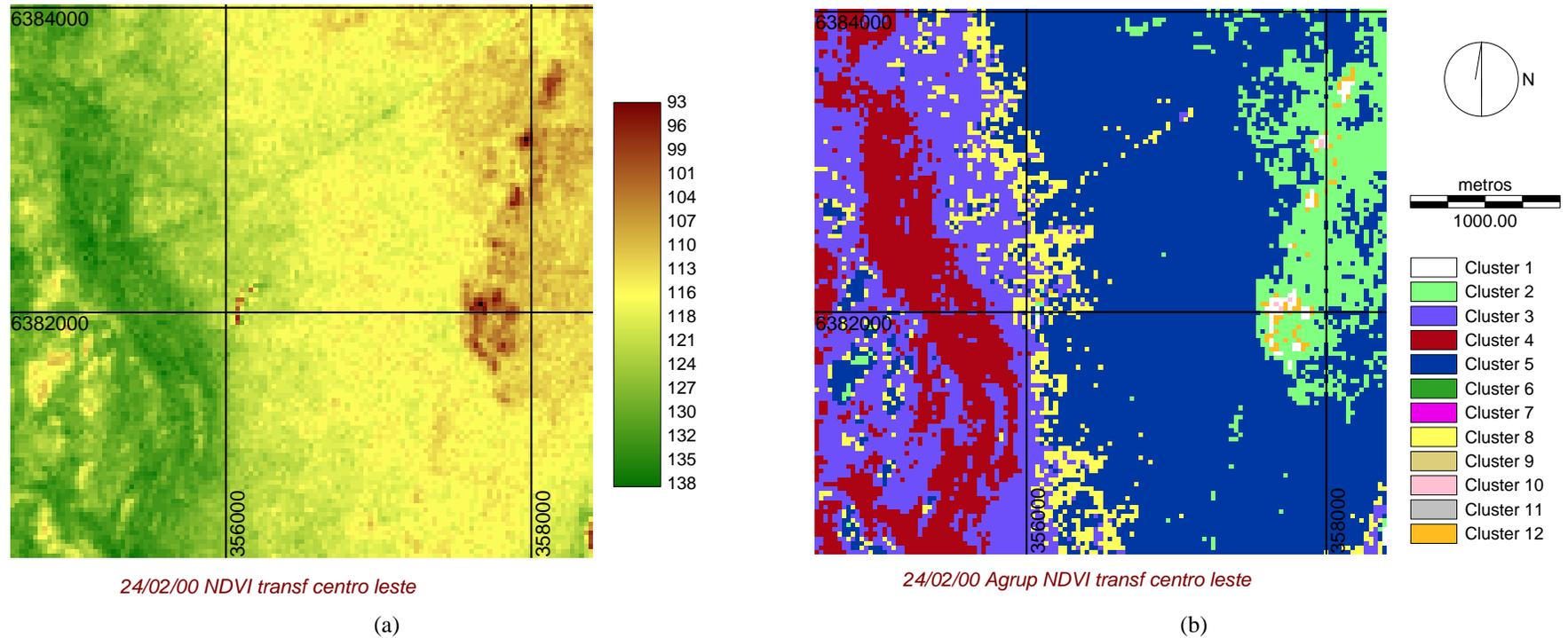
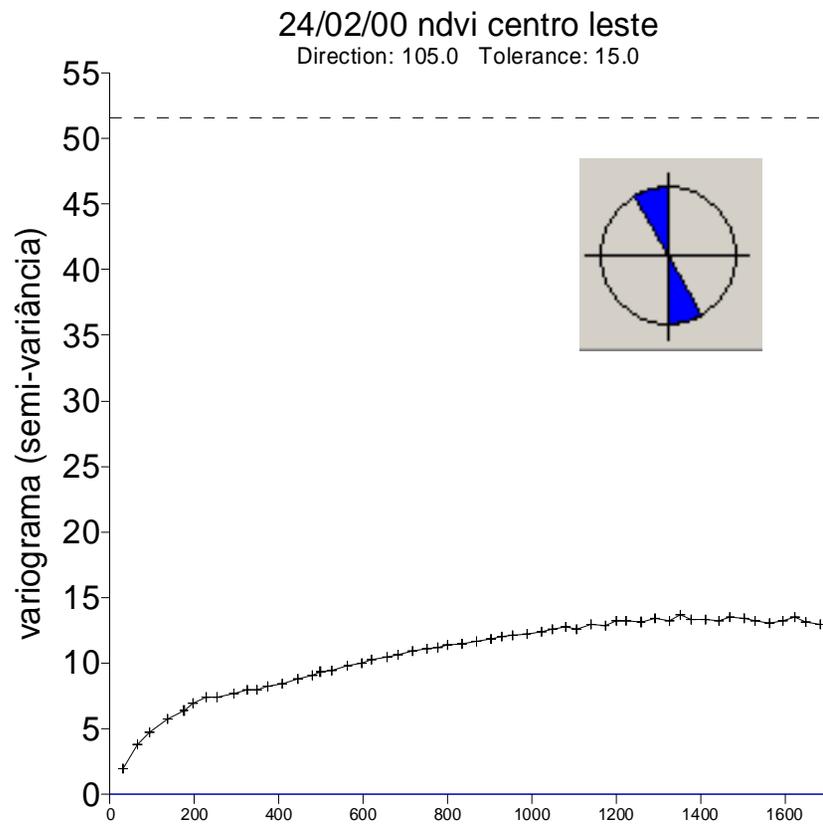


Figura 4.48. Semivariogramas da variável NDVI corrigida, da janela centro leste da imagem de 19/07/99. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

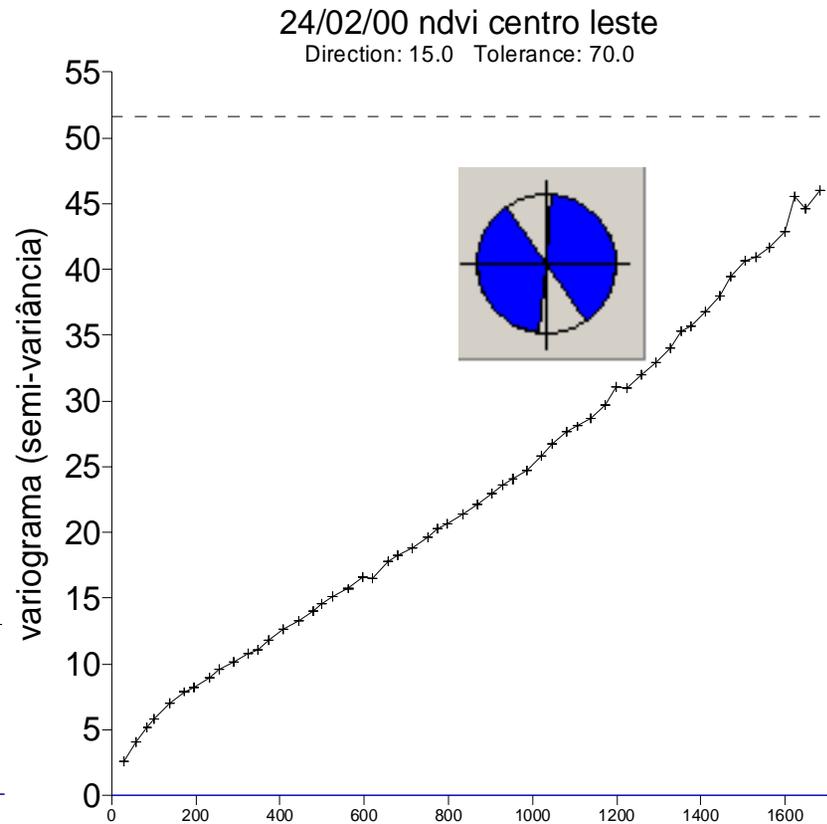


Agrup.	Clu 7	Clu 6	Clu 9	Clu 10	Clu 12	Clu 2	Clu 5	Clu 8	Clu 3	Clu 4	Clu 11
NDVI	35 - 54	55 - 65	66 - 84	85 - 94	102 - 103	104 - 111	112 - 120	121 - 122	123 - 129	130 - 138	139 - 174
N° píxeis				468	6.260	161.395	894.958	122.912	386.021	258.874	

Figura 4.49. Local de amostragem centro leste em 24/02/00. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).



(a)



(b)

Figura 4.50. Variogramas da janela “centro leste” na data de 24/02/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

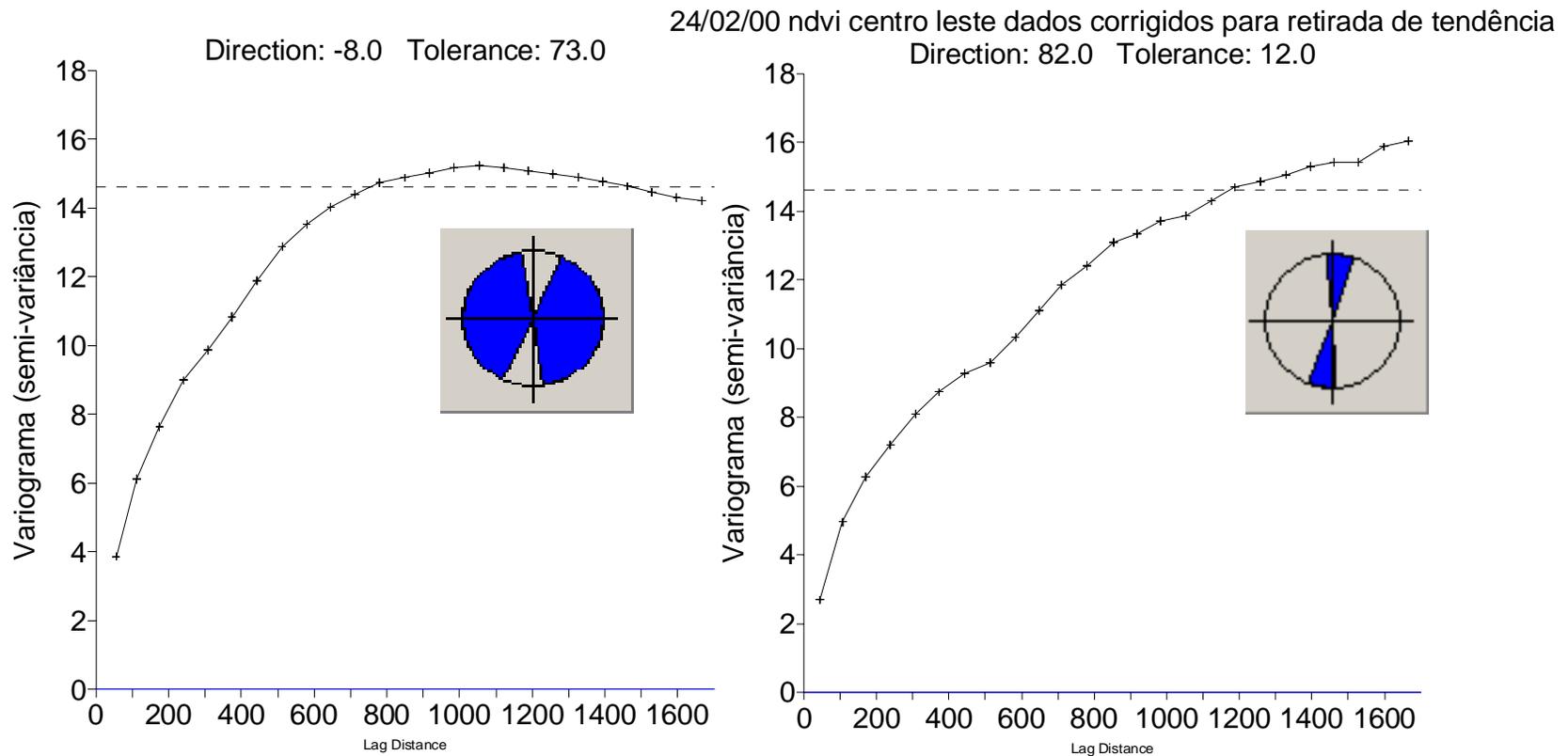


Figura 4.51. Variogramas dos dados corrigidos para remoção da tendência, da janela “centro leste”, na data de 24/02/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

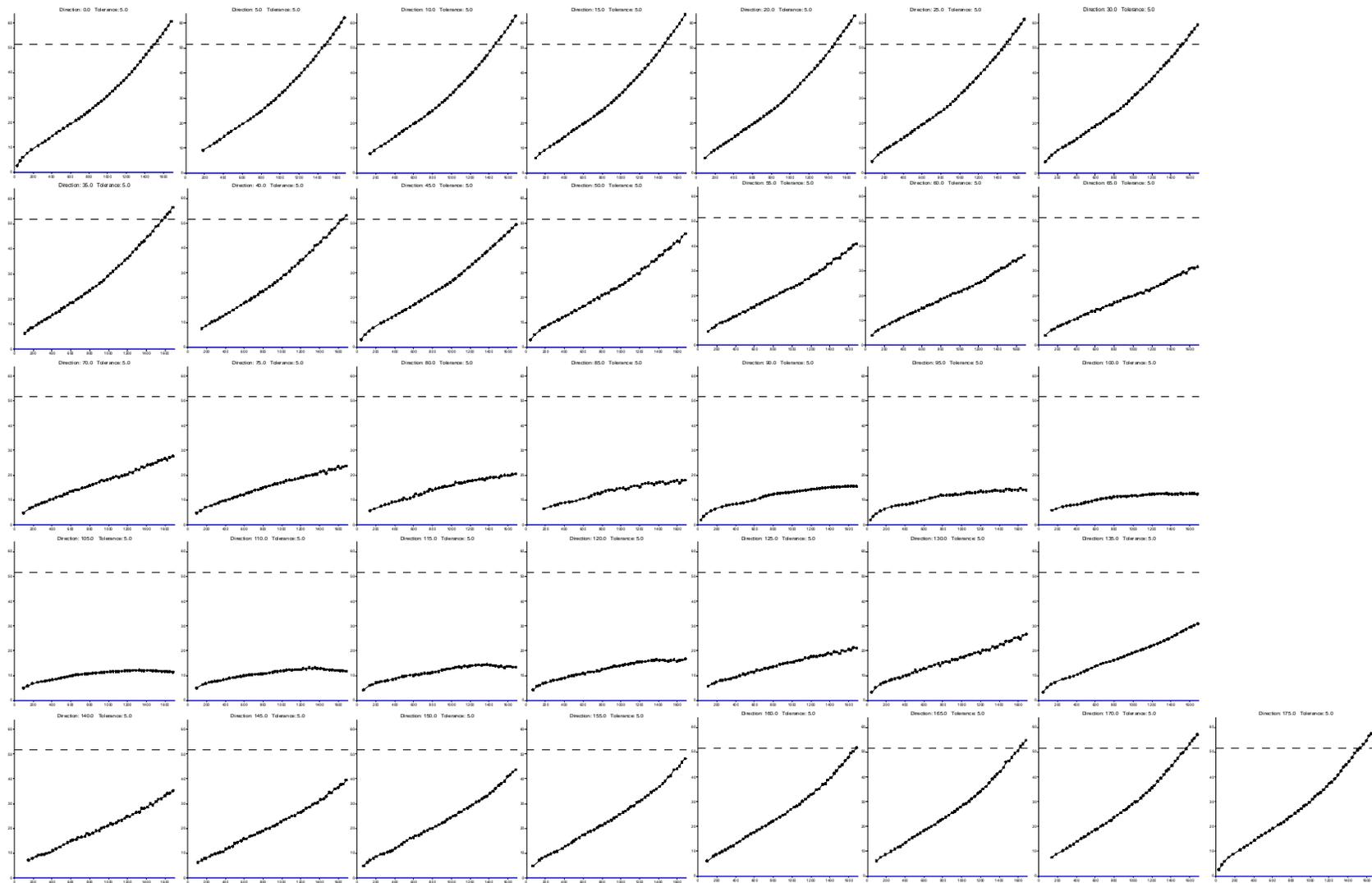


Figura 4.52. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 24/02/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °..

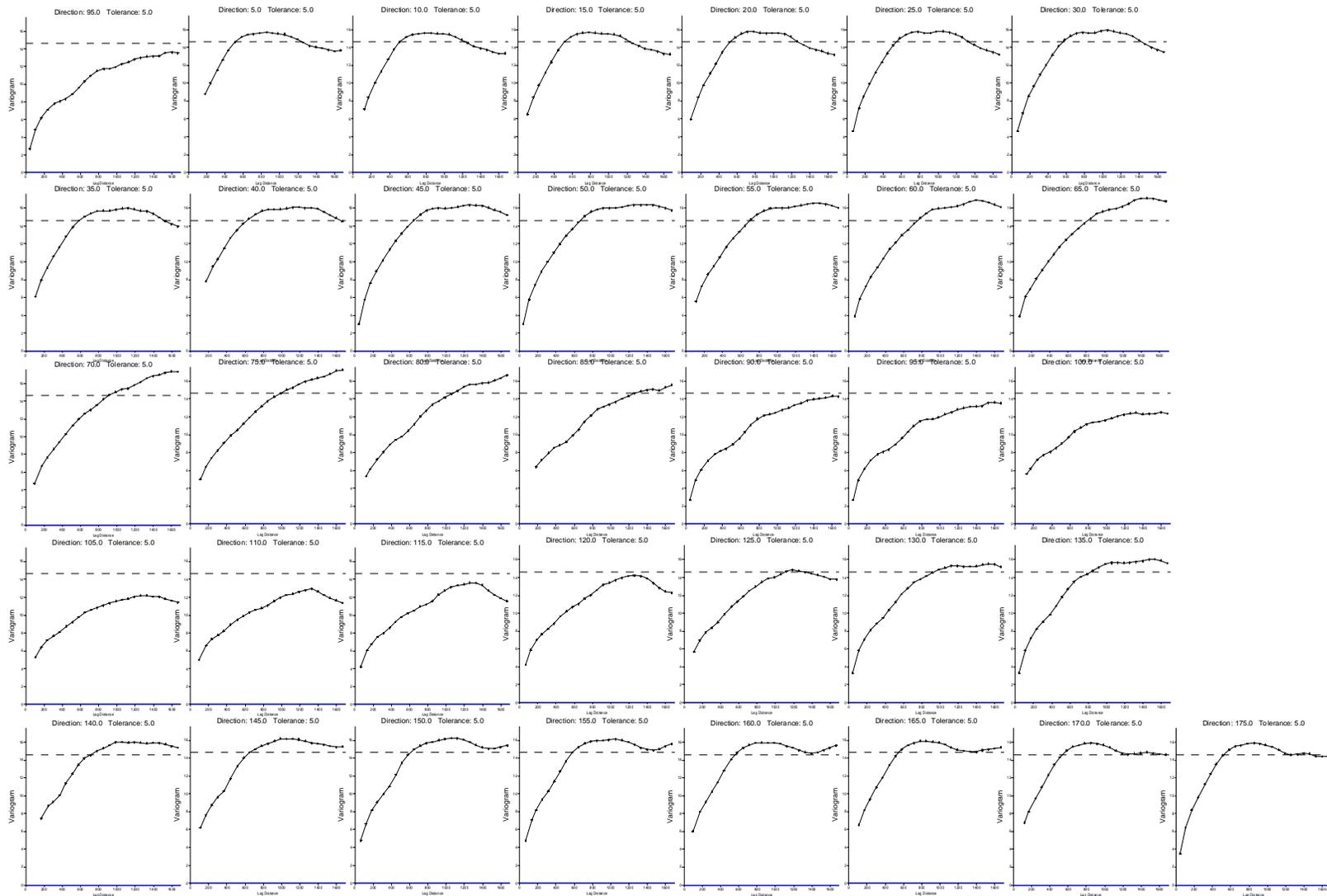
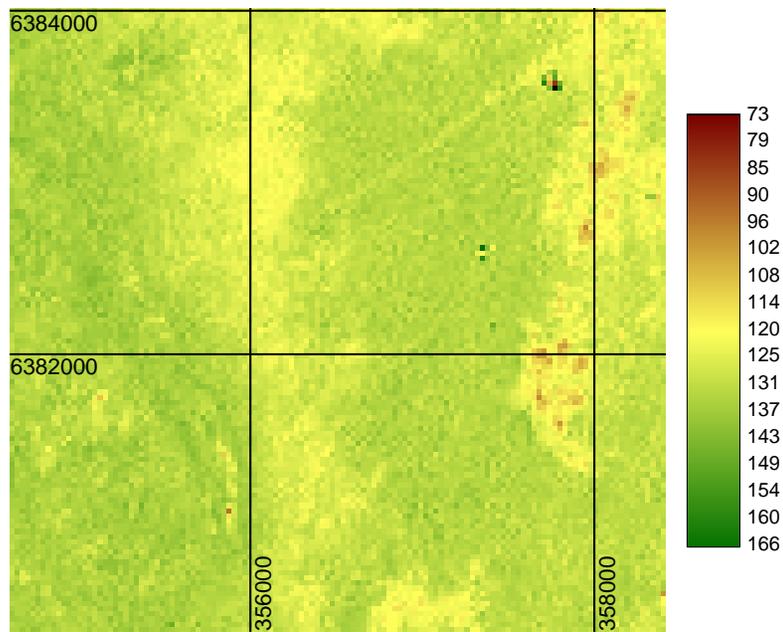
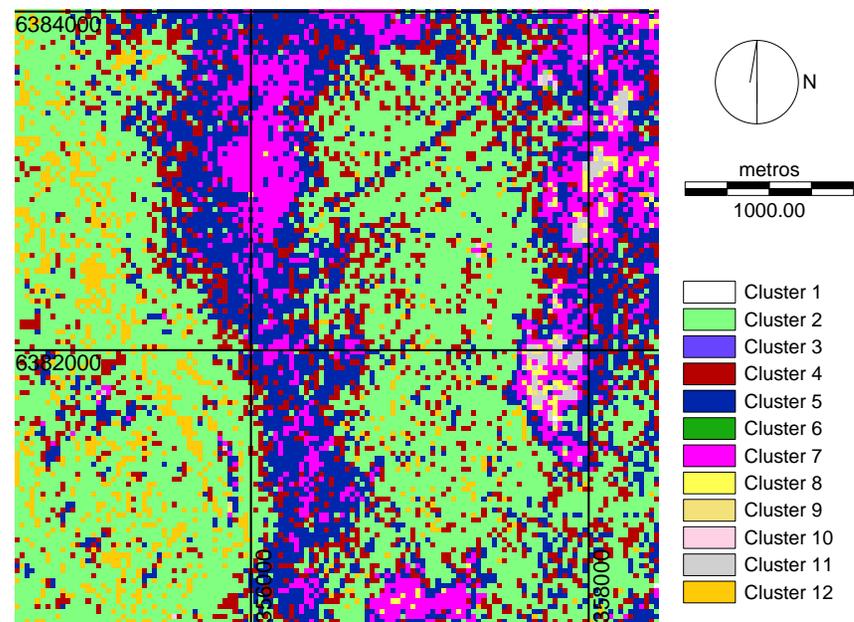


Figura 4.53. . Semivariogramas da variável NDVI corrigida, da janela centro leste da imagem de 24/02/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



18/08/00 NDVI transf centro leste

(a)



18/08/00 Agrup NDVI transf centro leste

(b)

Agrup.	Clu 6	Clu 3	Clu 9	Clu 11	Clu 8	Clu 7	Clu 5	Clu 4	Clu 2	Clu 12	Clu 10
NDVI	42 - 75	76 - 87	88 - 101	102 - 113	114 - 116	117 - 123	124 - 128	129 - 130	131 - 136	137 - 144	8 - 198
N° píxeis			693	12.769	13.930	187.468	427.149	279.709	943.257	128.502	1.372

Figura 4.54. Local de amostragem centro leste em 18/08/00. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

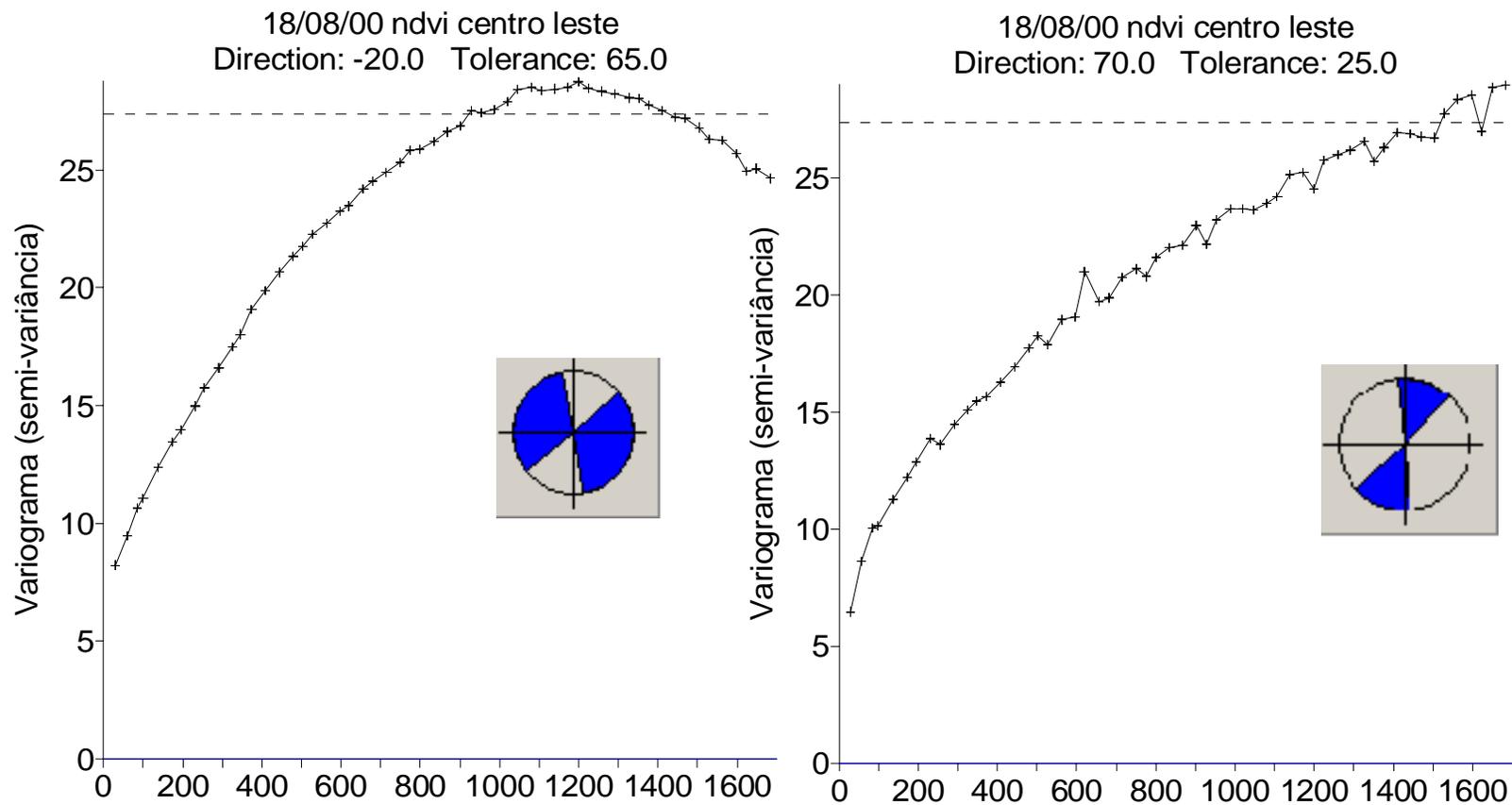


Figura 4.55. Variogramas da janela “centro leste” na data de 18/08/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

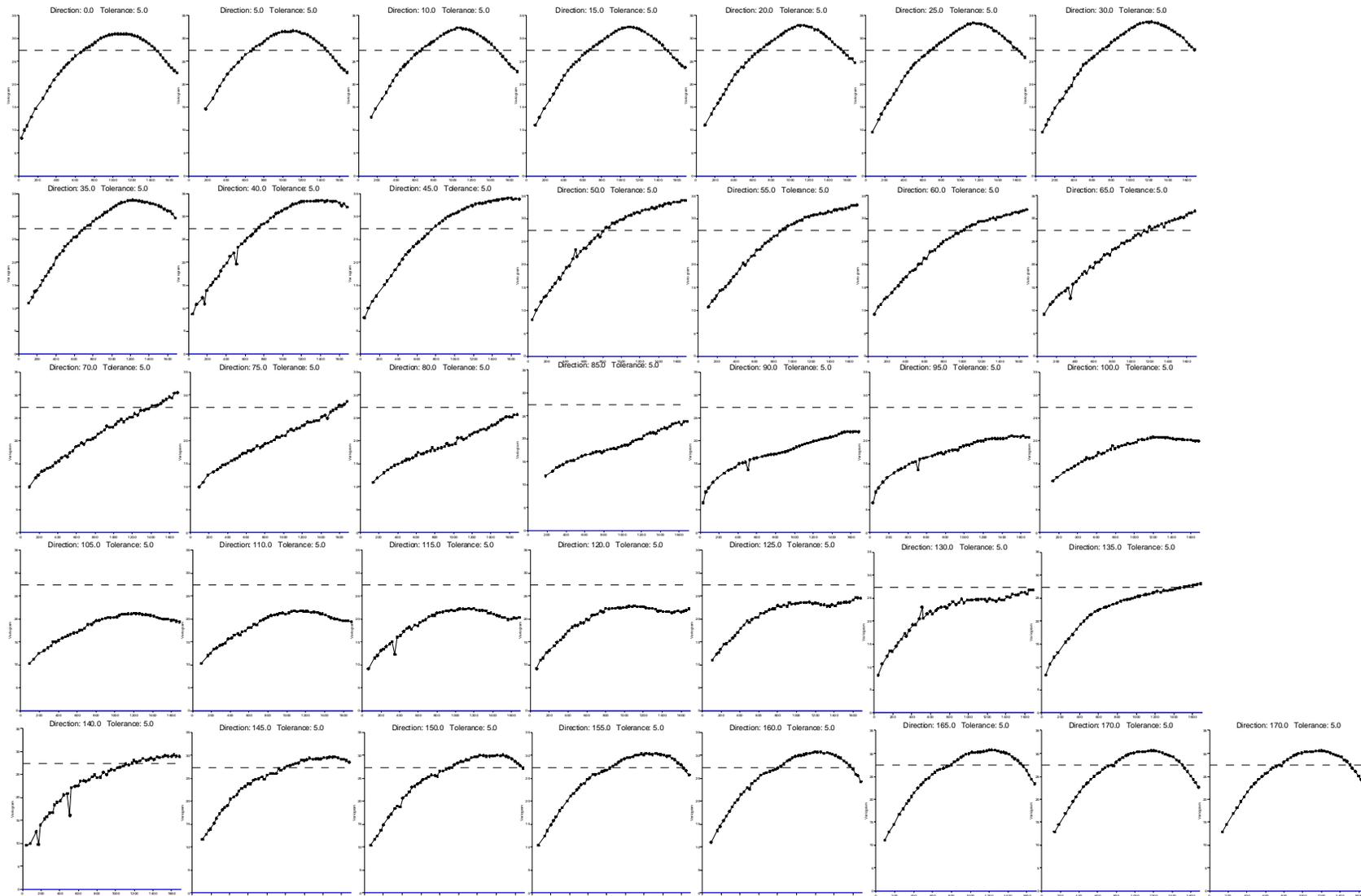
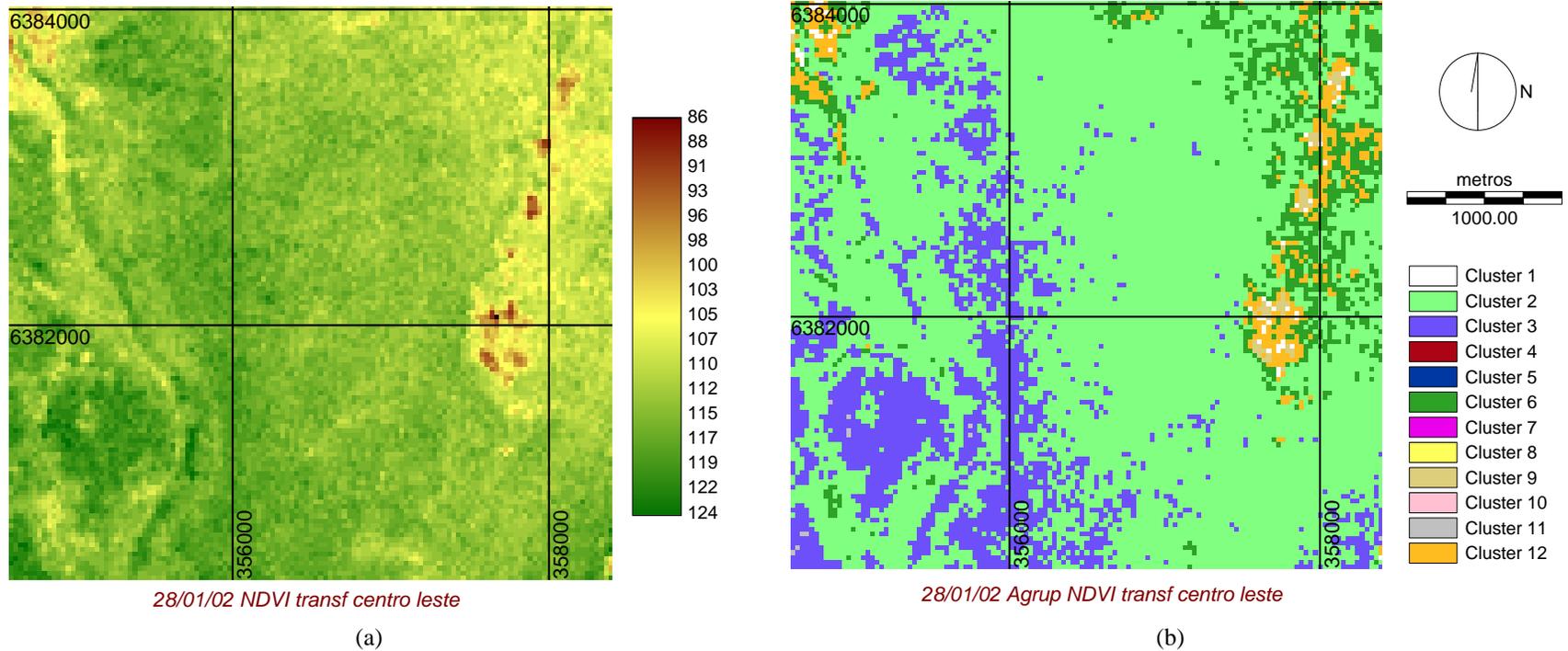


Figura 4.56. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 18/08/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



Agrup.	Clu 5	Clu 7	Clu 9	Clu 12	Clu 6	Clu 2	Clu 3	Clu 11	Clu 10	Clu 4	Clu 8
NDVI	37 - 71	46 - 55	72 - 97	98 - 105	106 - 108	109 - 116	117 - 123	124	125 - 138	139 - 151	25 - 164
N° píxeis			5.754	45.855	116.729	1.255.152	308.067	1.612			

Figura 4.57. Local de amostragem centro leste em 28/01/02. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

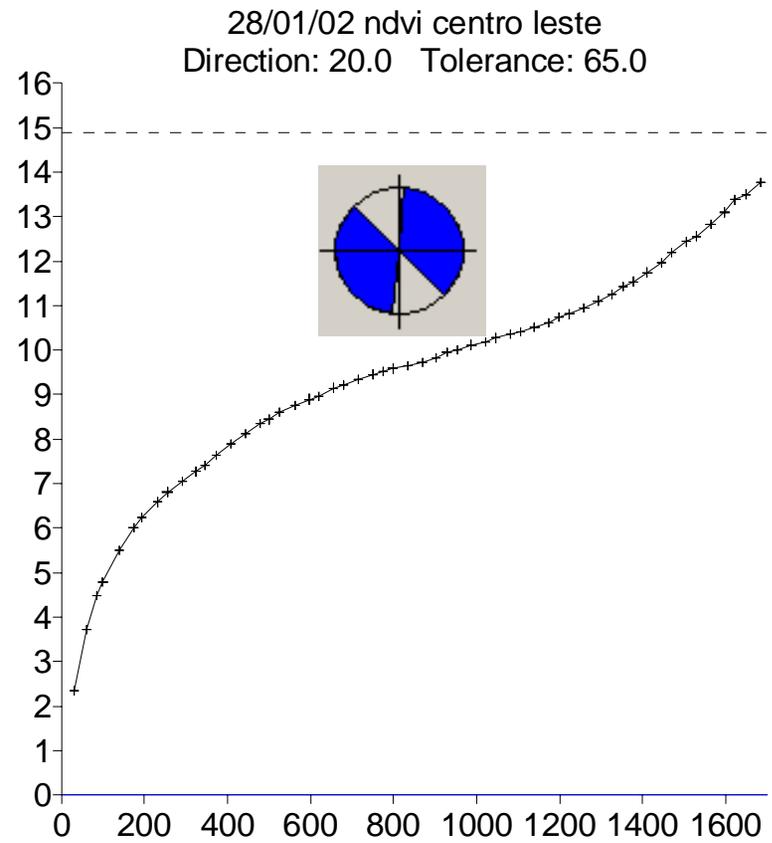
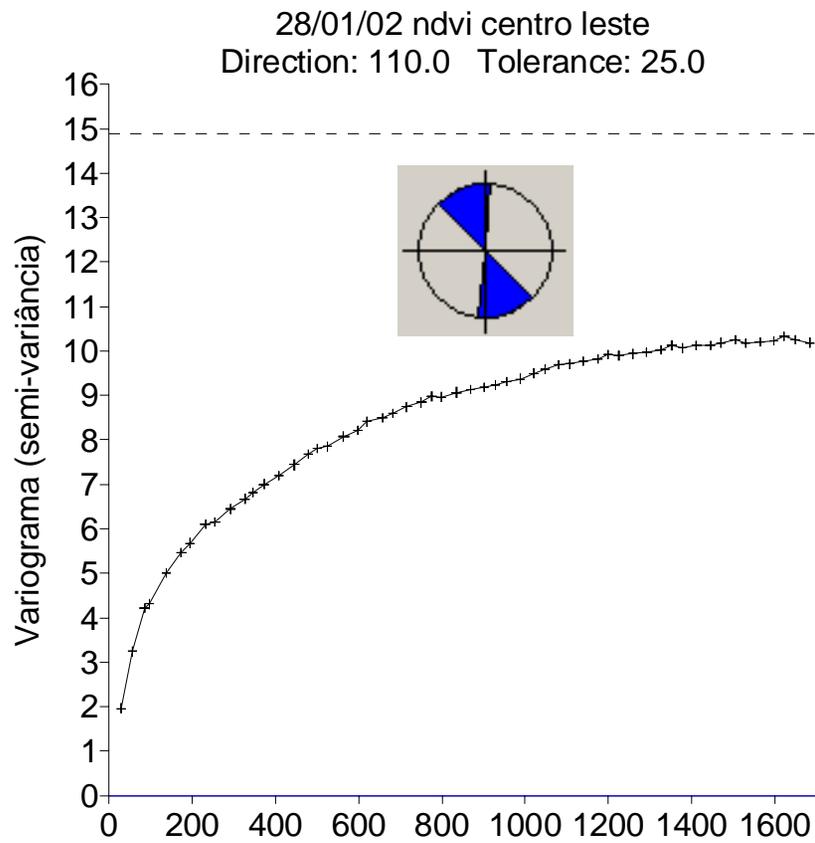


Figura 4.58. Variogramas da janela “centro leste” na data de 28/01/02. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

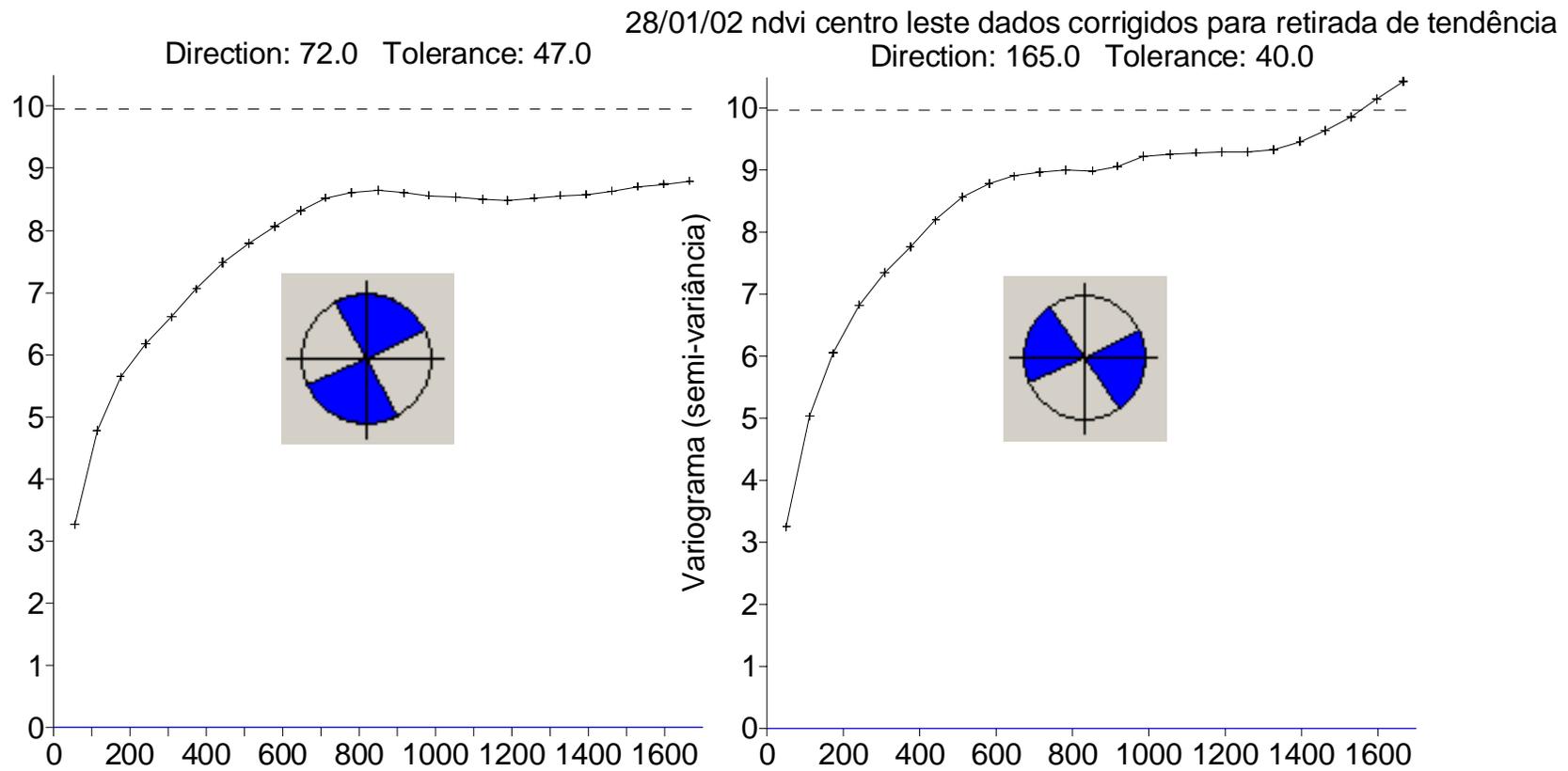


Figura 4.59. Variogramas dos dados corrigidos para remoção da tendência, da janela “centro leste”, na data de 28/01/02. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

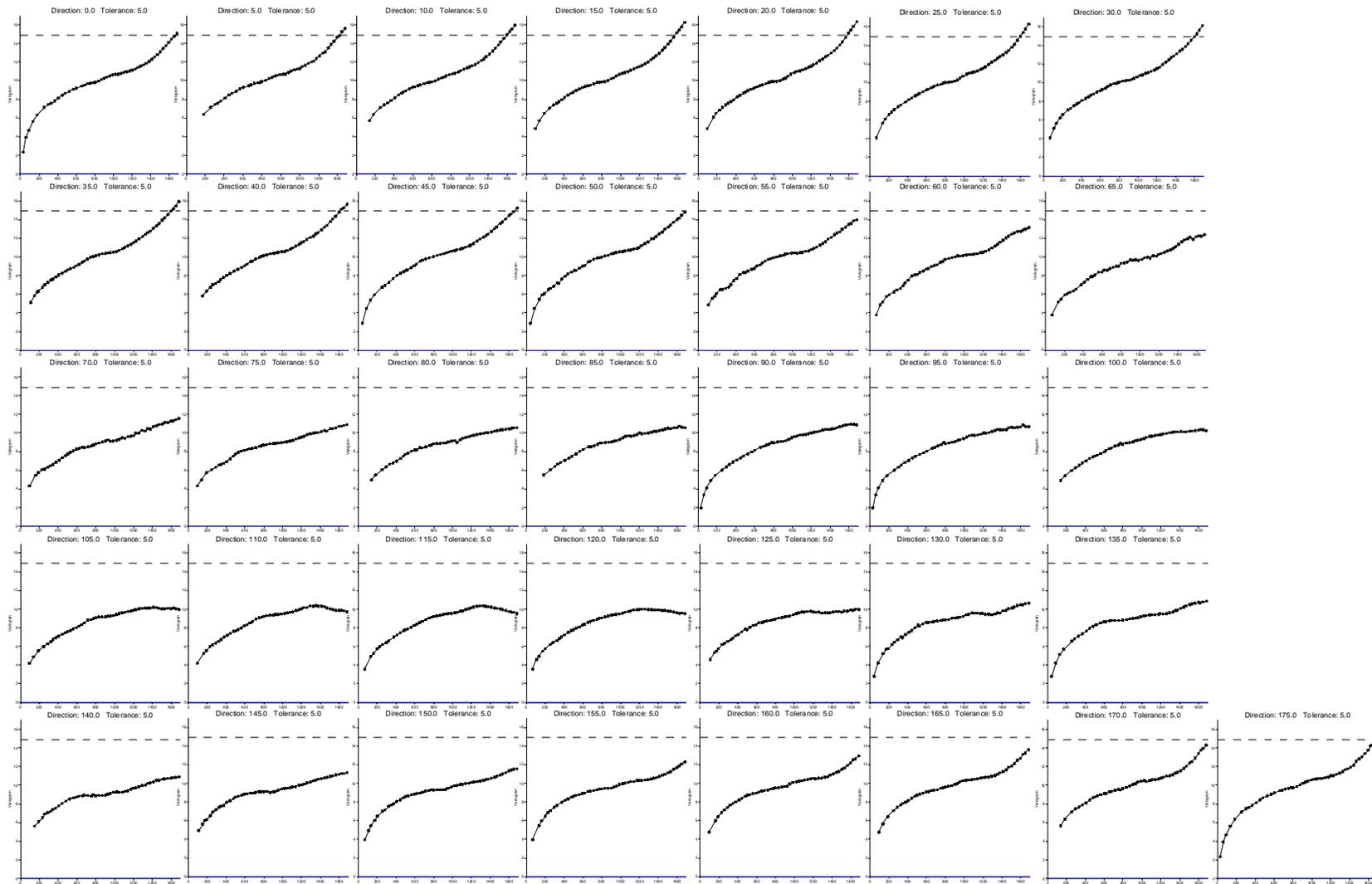


Figura 4.60. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 28/01/02. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

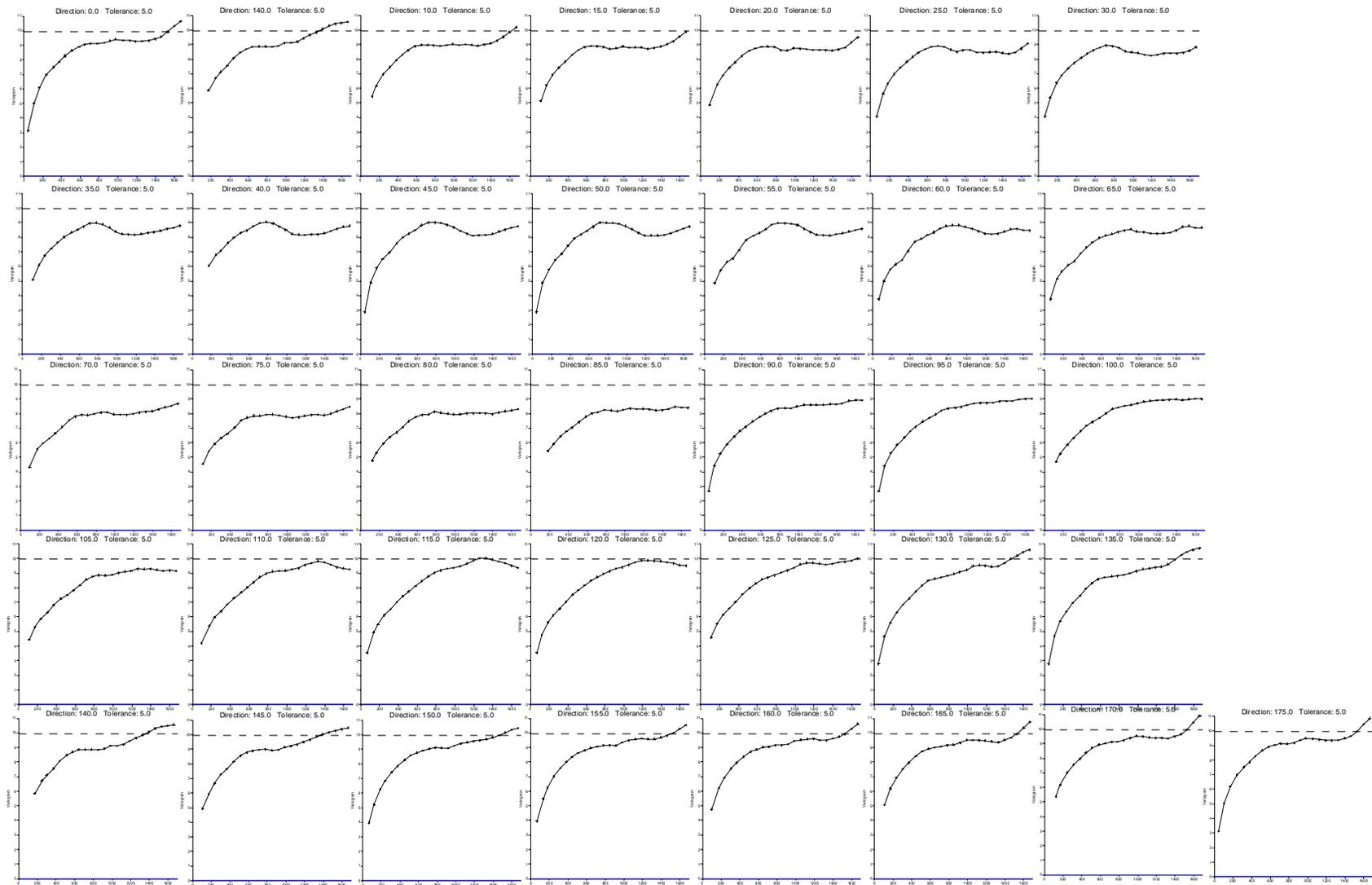
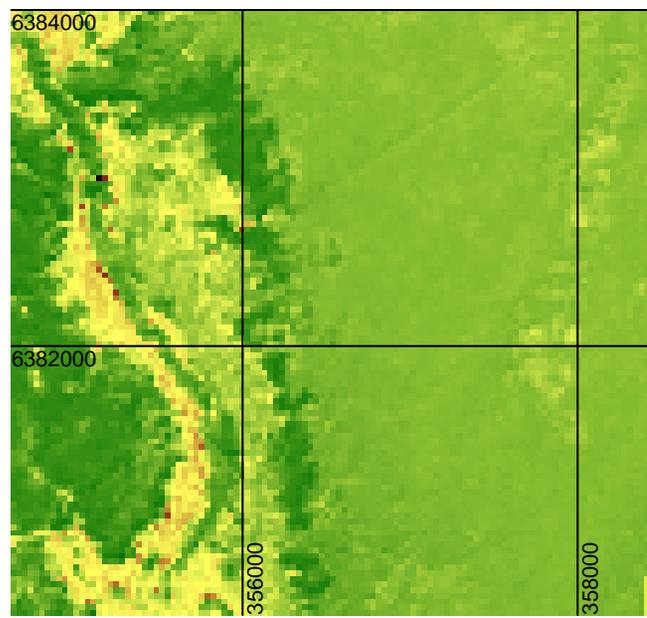
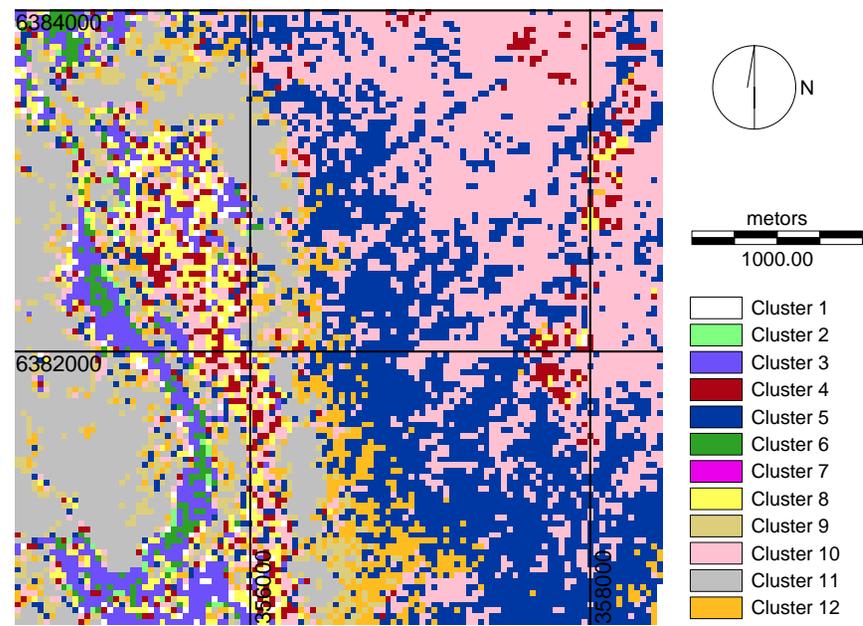


Figura 4.61. Semivariogramas da variável NDVI corrigida, da janela centro leste da imagem de 28/01/02. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



17/10/03 NDVI transf centro leste

(a)



17/10/03 Agrup NDVI transf centro leste

(b)

Agrup.	Clu 2	Clu 6	Clu 3	Clu 8	Clu 4	Clu 10	Clu 5	Clu 12	Clu 9	Clu 11	Clu 7
NDVI	0 - 57	58 - 76	77 - 98	102 - 113	114 - 120	121 - 129	130 - 135	136 - 140	141 - 148	149 - 179	200
N° píxeis	1.651	13.004	54.764	54.060	59.548	452.927	416.533	90.094	91.062	292.268	

Figura 4.62. Local de amostragem centro leste em 17/10/03. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

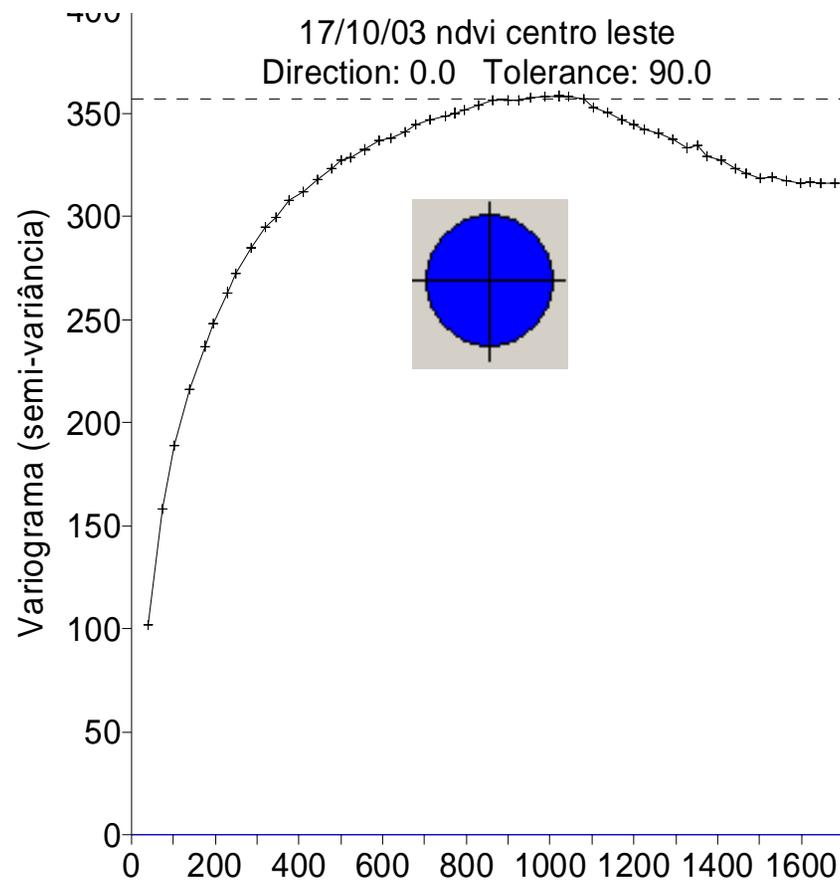


Figura 4.63. Variogramas da janela “centro leste” na data de 17/10/03. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

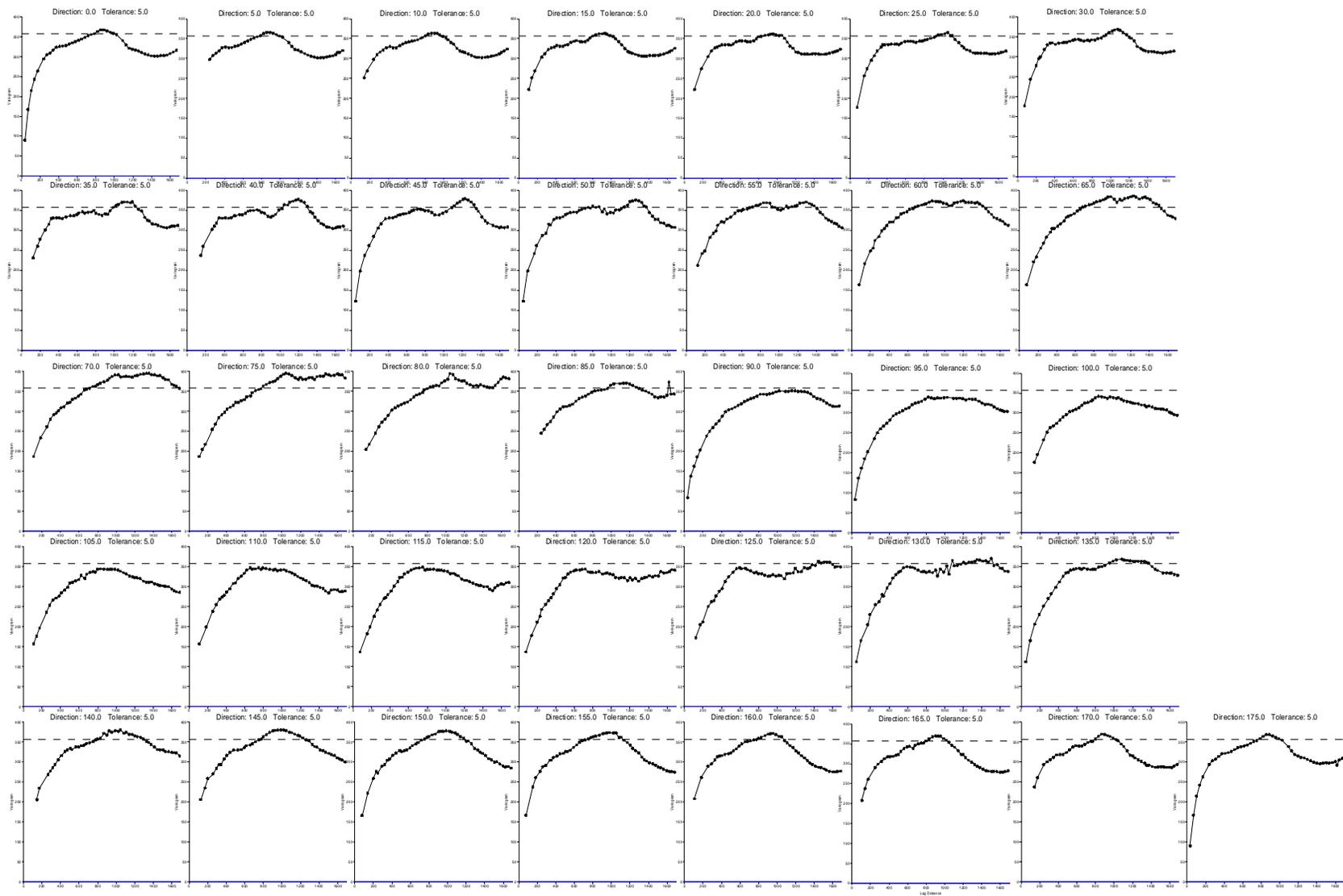
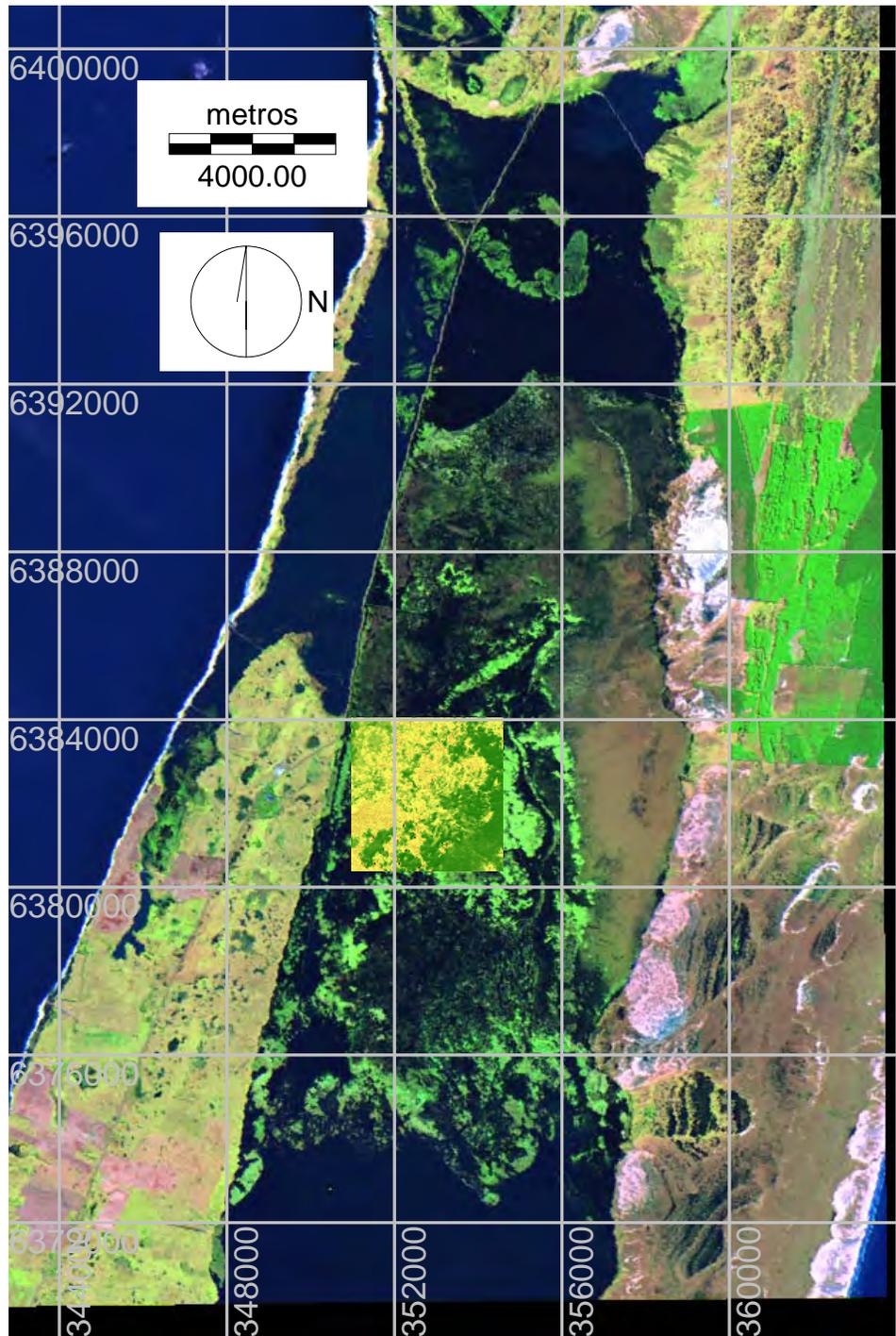


Figura 4.64. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro leste da imagem de 17/10/03. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175°.



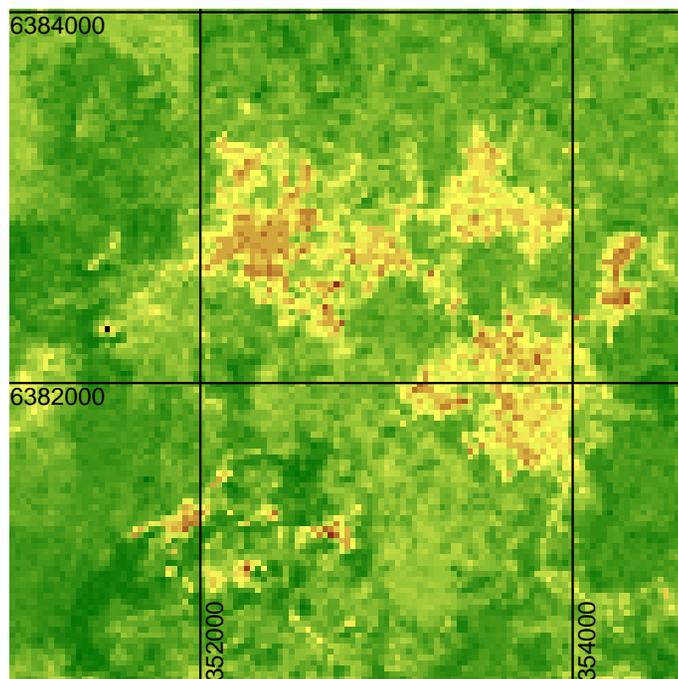
local da amostragem chamado centro oeste

Figura 4.65. Imagem Landsat TM de 17/10/03 e local de amostragem centro oeste para o cálculo do semivariograma.

Tabela 4.4. Dados da variografia (semi-variância) máxima, efeito pepita, alcance, % de variação espacial e % de efeito pepita da semi-variância) em todas as direções, para cada data estudada, na área de estudo chamada centro oeste.

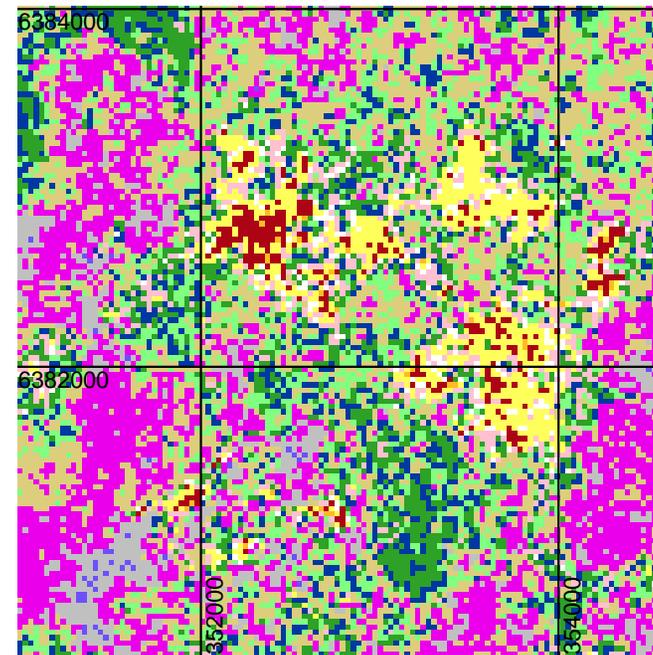
dir	9/5/1987					9/5/1995					19/12/1995					30/7/1996					4/3/1997								
	var max	pepita	alcan	%var esp	%var pepita	var max	pepita	alcan	%var esp	%var pepita	var max	pepita	alcan	%var esp	%var pepita	var max	pepita	alcan	%var esp	%var pepita	var max	pepita	alcan	%var esp	%var pepita				
0	314	45	700	0,86	0,14	0	47,6	10	0,79	0,21	0	61,5	8,7	0,86	0,14	0	38,6	9	0,77	0,23	0	47,7	5	0,90	0,10				
5	281	150	800	0,47	0,53	5	46,8	21,5	0,54	0,46	5	61,9	23,5	0,62	0,38	5	37,9	18,3	0,52	0,48	5	47,7	17,5	0,63	0,37				
10	287	125	900	0,56	0,44	10	46,2	19	0,59	0,41	10	61,6	21	0,66	0,34	10	37	16,5	0,55	0,45	10	47,3	15	0,68	0,32				
15	302	105	900	0,65	0,35	15	44,3	17,5	0,60	0,40	15	60,4	19,5	0,68	0,32	15	35,1	15	0,57	0,43	15	46,5	12,5	1400	0,73	0,27			
20	319	105		0,67	0,33	20	42,2	17,5	0,59	0,41	20	58,2	19	0,67	0,33	20	33,7	15	1300	0,55	0,45	20	45,8	12,5	1350	0,73	0,27		
25	331	85		0,74	0,26	25	40,7	15	0,63	0,37	25	56,4	14,5	0,74	0,26	25	32,3	13,3	1300	0,59	0,41	25	44,5	10	1250	0,78	0,22		
30	342	85		0,75	0,25	30	38,7	15	1500	0,61	0,39	30	56,8	14,5	0,74	0,26	30	31,3	13,3	1300	0,58	0,42	30	43	10	1250	0,77	0,23	
35	354	115		0,68	0,32	35	38	18	1500	0,53	0,47	35	57,8	19,5	0,66	0,34	35	30,5	15,5	1200	0,49	0,51	35	41,5	13,5	1225	0,67	0,33	
40	365	55		0,85	0,15	40	38	20	1500	0,47	0,53	40	56,8	24	0,58	0,42	40	29,8	16	1200	0,46	0,54	40	41	6	1250	0,85	0,15	
45	370	60		0,84	0,16	45	37,5	12,5	1550	0,67	0,33	45	53,5	10	0,81	0,19	45	29,8	11	1300	0,63	0,37	45	40	7	1300	0,83	0,18	
50	368	60	1400	0,84	0,16	50	36,5	12,5	1550	0,66	0,34	50	52	10	0,81	0,19	50	29	11	1500	0,62	0,38	50	38	7	1300	0,82	0,18	
55	369	115	1350	0,69	0,31	55	35,5	18	1550	0,49	0,51	55	50	19,5	0,61	0,39	55	28	15,3	1500	0,45	0,55	55	35	13	1200	0,63	0,37	
60	368	90	1300	0,76	0,24	60	33,5	14,5	1350	0,57	0,43	60	48,5	14,5	0,70	0,30	60	27	13	1200	0,52	0,48	60	34	10	920	0,71	0,29	
65	359	90	1300	0,75	0,25	65	33,5	14,5	1200	0,57	0,43	65	46	14,5	0,68	0,32	65	27,7	13	1200	0,53	0,47	65	33	10	920	0,70	0,30	
70	349	110	1300	0,68	0,32	70	34	17,5	1200	0,49	0,51	70	45	18,5	0,59	0,41	70	28,3	15	1150	0,47	0,53	70	32	12,5	830	0,61	0,39	
75	340	110	1250	0,68	0,32	75	35,5	17,5	1200	0,51	0,49	75	43,5	18,5	0,57	0,43	75	29,9	15	1150	0,50	0,50	75	35	12,5		0,64	0,36	
80	330	125	1200	0,62	0,38	80	37,5	18,5	1200	0,51	0,49	80	42,5	21,5	1500	0,49	0,51	80	31,5	15,3	1400	0,51	0,49	80	39	14		0,64	0,36
85	321	150	1200	0,53	0,47	85	38,5	21	1200	0,45	0,55	85	42,5	26,5	1400	0,38	0,62	85	32,5	17,5	1400	0,46	0,54	85	41	16,5		0,60	0,40
90	313	45	800	0,86	0,14	90	39,3	10,5	1300	0,73	0,27	90	43,5	7	1400	0,84	0,16	90	33	10	1400	0,70	0,30	90	43,5	5		0,89	0,11
95	311	45	900	0,86	0,14	95	39,5	10,5	1150	0,73	0,27	95	44,5	7	1400	0,84	0,16	95	33,2	10	1350	0,70	0,30	95	44,5	5		0,89	0,11
100	314	140	1000	0,55	0,45	100	40	17,5	1200	0,56	0,44	100	45,5	23	1400	0,49	0,51	100	32,9	15,7	1200	0,52	0,48	100	44,5	14,5		0,67	0,33
105	322	115	1150	0,64	0,36	105	39,3	17,3	1200	0,56	0,44	105	46,5	19,5	1100	0,58	0,42	105	32	15	1200	0,53	0,47	105	44,5	13		0,71	0,29
110	331	115	1150	0,65	0,35	110	38	17,3	1200	0,54	0,46	110	46	19,5	1100	0,58	0,42	110	31	15	1200	0,52	0,48	110	43	13		0,70	0,30
115	337	95	1200	0,72	0,28	115	36	15	1200	0,58	0,42	115	45,5	15,5	1100	0,66	0,34	115	29,5	13,8	1100	0,53	0,47	115	42	10		0,76	0,24
120	339	95	1250	0,72	0,28	120	36	15	1200	0,58	0,42	120	46	15,5	1100	0,66	0,34	120	29,8	13,8		0,54	0,46	120	42	10		0,76	0,24
125	336	125	1000	0,63	0,37	125	37	18,3		0,51	0,49	125	46,5	22	1200	0,53	0,47	125	30,8	15,5		0,50	0,50	125	42,5	14		0,67	0,33
130	337	65	1000	0,81	0,19	130	38	12,5		0,67	0,33	130	49	11	1300	0,78	0,22	130	32,5	11,2		0,66	0,34	130	43	6		0,86	0,14
135	328	65	900	0,80	0,20	135	39,5	12,5		0,68	0,32	135	52	11	1350	0,79	0,21	135	34	11,2		0,67	0,33	135	43,5	5		0,89	0,11
140	318	75	900	0,76	0,24	140	42	19,7		0,53	0,47	140	55	26,5	1350	0,52	0,48	140	35,9	17		0,53	0,47	140	46,4	5		0,89	0,11
145	310	125	900	0,60	0,40	145	44,2	18		0,59	0,41	145	57,6	21,5	1500	0,63	0,37	145	37,6	16		0,57	0,43	145	47,7	14		0,71	0,29
150	304	95	900	0,69	0,31	150	44,8	15,3		0,66	0,34	150	58,4	15,5	1500	0,73	0,27	150	38,3	13,5		0,65	0,35	150	49,1	10,5		0,79	0,21
155	304	95	1000	0,69	0,31	155	44,5	15,3		0,66	0,34	155	58,8	19,5	1500	0,67	0,33	155	38,6	13,5		0,65	0,35	155	50,1	10,5		0,79	0,21
160	298	115	1000	0,61	0,39	160	45,3	17,3		0,62	0,38	160	58,8	19,5		0,67	0,33	160	39,2	15		0,62	0,38	160	51	3,5		0,93	0,07
165	290	115	750	0,60	0,40	165	46,9	17,3		0,63	0,37	165	60	21,5		0,64	0,36	165	39,9	15,3		0,62	0,38	165	51,2	13,5		0,74	0,26
170	285	125	700	0,56	0,44	170	47,7	18		0,62	0,38	170	61,4	21,5		0,65	0,35	170	39,9	16		0,60	0,40	170	49,6	15		0,70	0,30
175	280	45	700	0,84	0,16	175	47,9	9,7		0,80	0,20	175	61,5	8,7		0,86	0,14	175	39,3	9		0,77	0,23	175	48,3	5		0,90	0,10

17/9/1999					24/2/2000					18/8/2000					28/1/2002					17/10/2003									
dir	var	pepit	alcan	%var	%var	dir	var	pepit	alcan	%var	%var	dir	var	pepit	alcan	%var	%var	dir	var	pepit	alcan	%var	%var	dir	var	pepit	alcan	%var	%var
	max			esp	pepit		max			esp	pepit		max			esp	pepit		max			esp	pepit		max			esp	pepit
0	28,5	3,5		0,88	0,12	0	60,5	5		0,92	0,08	0	39	10		0,74	0,26	0	46,1	3,5		0,92	0,08	0	1100	200		0,82	0,18
5	27,5	9,6		0,65	0,35	5	68,8	20		0,71	0,29	5	37,5	16,5		0,56	0,44	5	44	10		0,77	0,23	5	1070	570		0,47	0,53
10	26,5	8,3		0,69	0,31	10	66	17		0,74	0,26	10	37	15		0,59	0,41	10	41,8	8,5		0,80	0,20	10	1030	500		0,51	0,49
15	24,5	7,3	1500	0,70	0,30	15	60	14,5		0,76	0,24	15	34,5	14	1500	0,59	0,41	15	37,8	7,5		0,80	0,20	15	990	440		0,56	0,44
20	22,5	7,3	1450	0,68	0,32	20	56,5	14,5	1250	0,74	0,26	20	34	14	1200	0,59	0,41	20	34,3	7,5		0,78	0,22	20	960	440		0,54	0,46
25	20,5	6,2	1200	0,70	0,30	25	54,5	11	1200	0,80	0,20	25	32	12,5	1200	0,61	0,39	25	31	6		0,81	0,19	25	900	360	1550	0,60	0,40
30	19,5	6,2	1200	0,68	0,32	30	52	11	1200	0,79	0,21	30	30,5	12,5	1250	0,59	0,41	30	28,3	6		0,79	0,21	30	850	360	1450	0,58	0,42
35	18,5	7,8	1250	0,58	0,42	35	50	15	1250	0,70	0,30	35	29,5	14	1300	0,53	0,47	35	25	8		0,68	0,32	35	820	460	1450	0,44	0,56
40	17,5	8,8	1300	0,50	0,50	40	48	18	1250	0,63	0,38	40	28	9,7	1400	0,65	0,35	40	23	9		0,61	0,39	40	780	490	1550	0,37	0,63
45	16,8	4,5	1300	0,73	0,27	45	46	7	1250	0,85	0,15	45	26,5	10	1500	0,62	0,38	45	20,5	4,3	1500	0,79	0,21	45	740	250	850	0,66	0,34
50	16,2	4,5	1200	0,72	0,28	50	43,8	7	1200	0,84	0,16	50	25	10	1500	0,60	0,40	50	19	4,3	1400	0,77	0,23	50	720	260	800	0,64	0,36
55	15,2	7,8	1200	0,49	0,51	55	40	15	1200	0,63	0,38	55	22,5	14	1500	0,38	0,62	55	17	7,8	1400	0,54	0,46	55	720	440	650	0,39	0,61
60	14,3	6,3	800	0,56	0,44	60	38	11	1000	0,71	0,29	60	20,5	12,5	1200	0,39	0,61	60	15	6	1200	0,60	0,40	60	750	360	650	0,52	0,48
65	13,3	6,3	850	0,53	0,47	65	39	11	1000	0,72	0,28	65	19,3	12,5	800	0,35	0,65	65	14,3	6	1200	0,58	0,42	65	750	360	700	0,52	0,48
70	13,5	7,5	900	0,44	0,56	70	38	13	1100	0,66	0,34	70	19,7	14	800	0,29	0,71	70	14,3	7,3	1400	0,49	0,51	70	760	410	800	0,46	0,54
75	14,8	7,5	650	0,49	0,51	75	45	13		0,71	0,29	75	22	14	1500	0,36	0,64	75	15	7,3		0,51	0,49	75	750	410	800	0,45	0,55
80	16,8	8,3		0,51	0,49	80	52	15		0,71	0,29	80	26,5	14,5		0,45	0,55	80	16,5	7		0,58	0,42	80	740	460	650	0,38	0,62
85	19	9,8		0,48	0,52	85	59,3	19		0,68	0,32	85	30	15,5		0,48	0,52	85	18,8	9,5		0,49	0,51	85	730	530	650	0,27	0,73
90	21,5	3,3		0,85	0,15	90	64	5		0,92	0,08	90	35	8,5		0,76	0,24	90	22,3	3		0,87	0,13	90	790	210		0,73	0,27
95	22,5	3,3		0,85	0,15	95	66	5		0,92	0,08	95	37,5	14,5		0,61	0,39	95	24,8	3		0,88	0,12	95	860	210		0,76	0,24
100	23,3	8,5		0,64	0,36	100	66	16		0,76	0,24	100	38,5	13,7		0,64	0,36	100	27	8,5		0,69	0,31	100	910	480		0,47	0,53
105	24	7,7		0,68	0,32	105	64	14		0,78	0,22	105	39,3	13,7		0,65	0,35	105	29,8	7,5		0,75	0,25	105	950	430		0,55	0,45
110	24,3	7,7		0,68	0,32	110	64	14		0,78	0,22	110	39,5	12,3		0,69	0,31	110	32	7,5		0,77	0,23	110	970	430		0,56	0,44
115	24,7	6,5		0,74	0,26	115	64	11		0,83	0,17	115	39,3	12,3		0,69	0,31	115	34	6		0,82	0,18	115	1020	330		0,68	0,32
120	25,3	6,5		0,74	0,26	120	64	11		0,83	0,17	120	39	12,3		0,68	0,32	120	36	6		0,83	0,17	120	1050	380		0,64	0,36
125	25,7	8		0,69	0,31	125	64	15		0,77	0,23	125	38,5	14,3		0,63	0,37	125	38,8	7		0,82	0,18	125	1100	480		0,56	0,44
130	26,3	4,7		0,82	0,18	130	65	7		0,89	0,11	130	37	10,5		0,72	0,28	130	42,8	4,3		0,90	0,10	130	1130	290		0,74	0,26
135	26,6	4,7		0,82	0,18	135	67,5	7		0,90	0,10	135	37,9	10,5		0,72	0,28	135	45,8	4,3		0,91	0,09	135	1160	290		0,75	0,25
140	29,4	9		0,69	0,31	140	71,4	19		0,73	0,27	140	40	8		0,80	0,20	140	48,8	10,5		0,78	0,22	140	1160	520		0,55	0,45
145	30,5	8		0,74	0,26	145	75,6	16		0,79	0,21	145	41,7	14,5		0,65	0,35	145	51,2	8		0,84	0,16	145	1160	470		0,59	0,41
150	31,3	6,5		0,79	0,21	150	77,9	11		0,86	0,14	150	41,7	13		0,69	0,31	150	52,7	6		0,89	0,11	150	1170	390		0,67	0,33
155	31,8	6,5		0,80	0,20	155	79,2	11		0,86	0,14	155	41,7	13		0,69	0,31	155	53,2	6		0,89	0,11	155	1170	390		0,67	0,33
160	32	7,7		0,76	0,24	160	81,1	15		0,82	0,18	160	41,7	14		0,66	0,34	160	53,1	6,7		0,87	0,13	160	1170	460		0,61	0,39
165	32,1	7,7		0,76	0,24	165	81,8	15		0,82	0,18	165	42	14		0,67	0,33	165	52,1	6,7		0,87	0,13	165	1170	460		0,61	0,39
170	31,2	8,5		0,73	0,27	170	79,2	17		0,79	0,21	170	41	15		0,63	0,37	170	50	8,7		0,83	0,17	170	1150	510		0,56	0,44
175	29,8	3,5		0,88	0,12	175	75,6	5		0,93	0,07	175	40	9,5		0,76	0,24	175	48	3,3		0,93	0,07	175	1120	200		0,82	0,18



06/07/87 NDVI transf centro oeste

(a)



06/0787 Agrup NDVI transf centro oeste

(b)

Agrup.	Clu 12	Clu 4	Clu 10	Clu 6	Clu 5	Clu 2	Clu 9	Clu 7	Clu 11	Clu 3	Clu 8
NDVI	46 - 63	64 - 78	96 - 111	112 - 119	120 - 123	124 - 128	129 - 135	136 - 143	144 - 151	152 - 163	12 - 171
N° pixels	1.953	22.687	75.602	169.530	154.740	254.266	457.617	458.355	136.199	6.405	73.386

Figura 4.66 - Local de amostragem centro oeste em 06/07/87. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

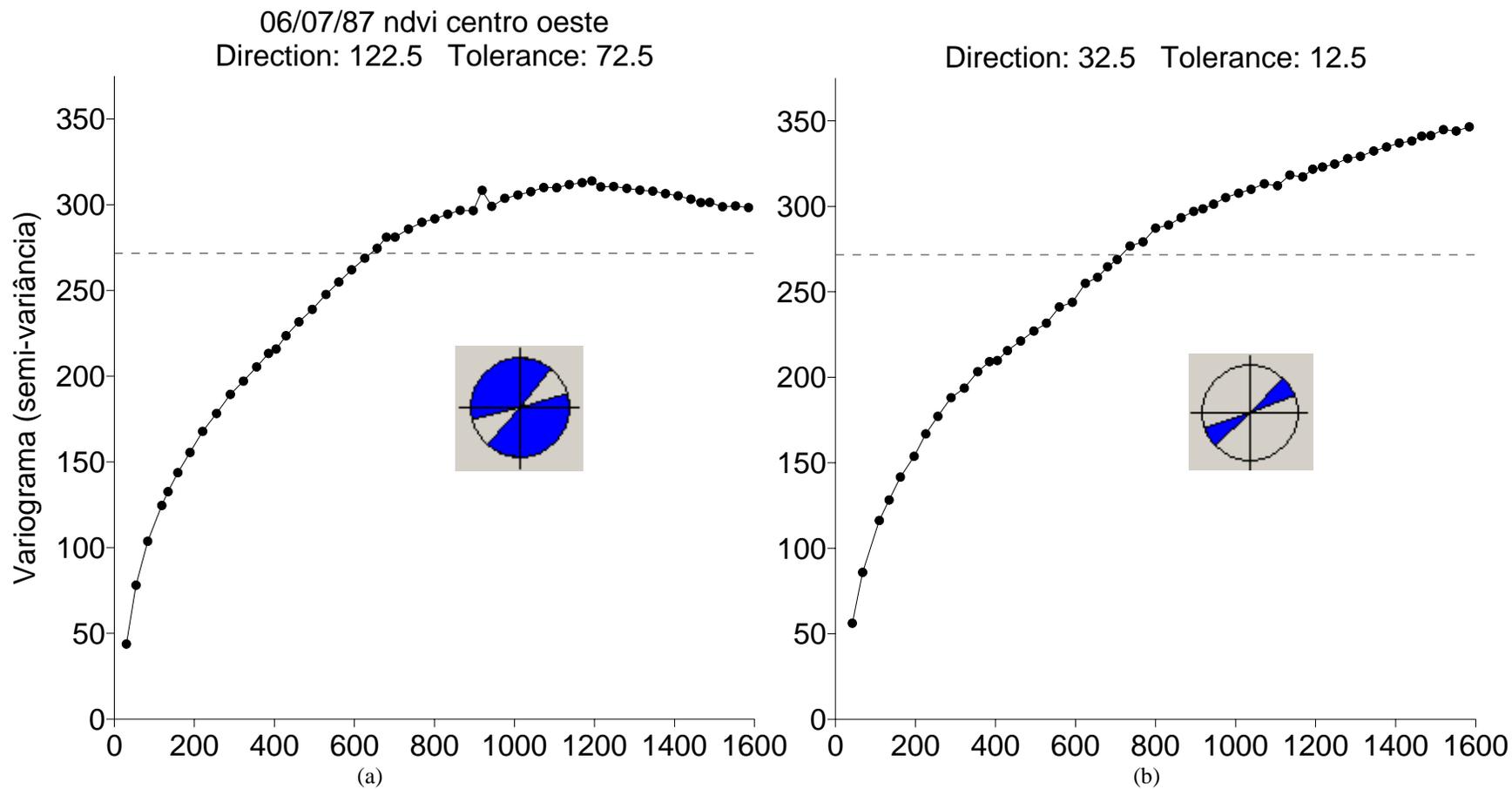


Figura 4.67 - Variogramas da janela centro oeste na data de 06/07/87. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

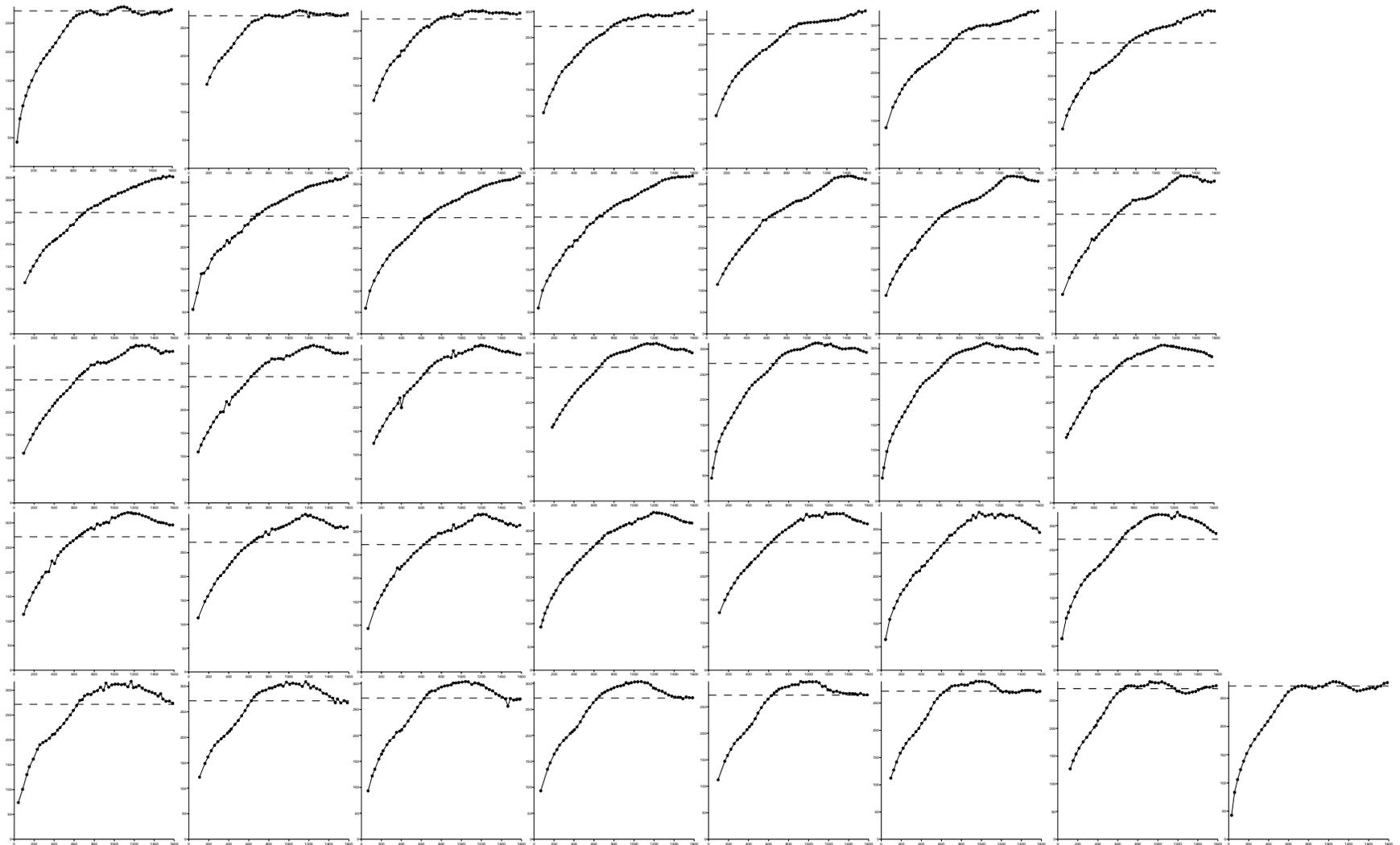
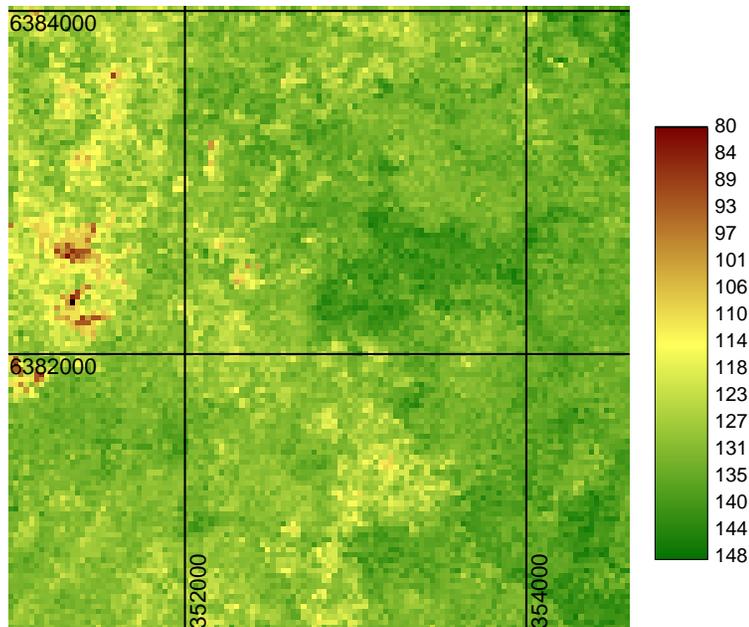
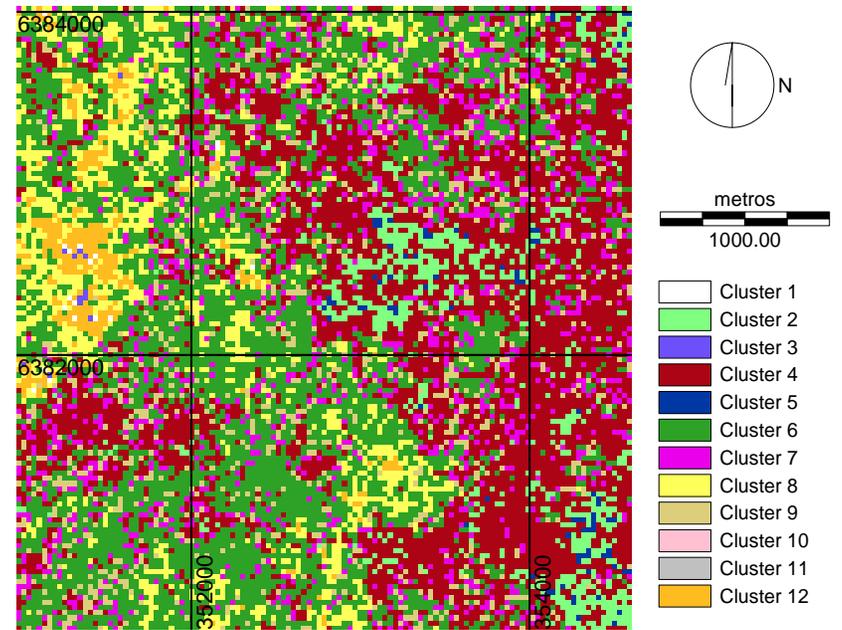


Figura 4.68. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 06/07/87. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



09/05/95 Agrup NDVI centro oeste

(a)



09/05/95 isocluster NDVI centro oeste

(b)

Agrup.	Clu 10	Clu 3	Clu 12	Clu 8	Clu 6	Clu 9	Clu 7	Clu 4	Clu 2	Clu 5	Clu 11
NDVI	14 - 53	55 - 90	91 - 115	116 - 123	124 - 130	131	132	133 - 138	139 - 142	143 - 158	159 - 170
N° píxeis		1.041	40.569	169.431	619.858	107.191	189.288	613.099	107.191	12.926	

Figura 4.69 - Local de amostragem centro oeste em 09/05/95. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

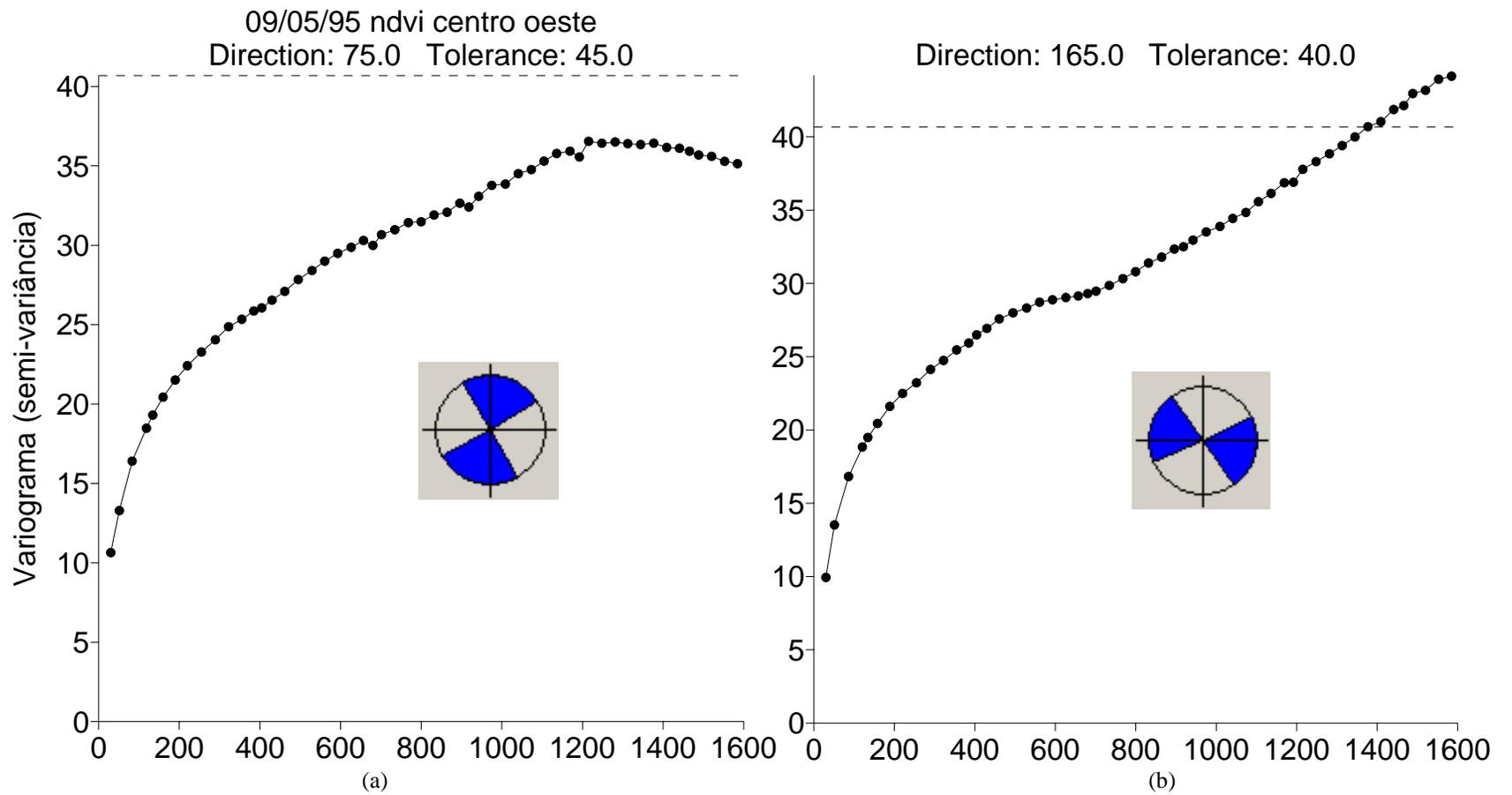


Figura 4.70 - Variogramas da janela centro oeste na data de 09/05/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

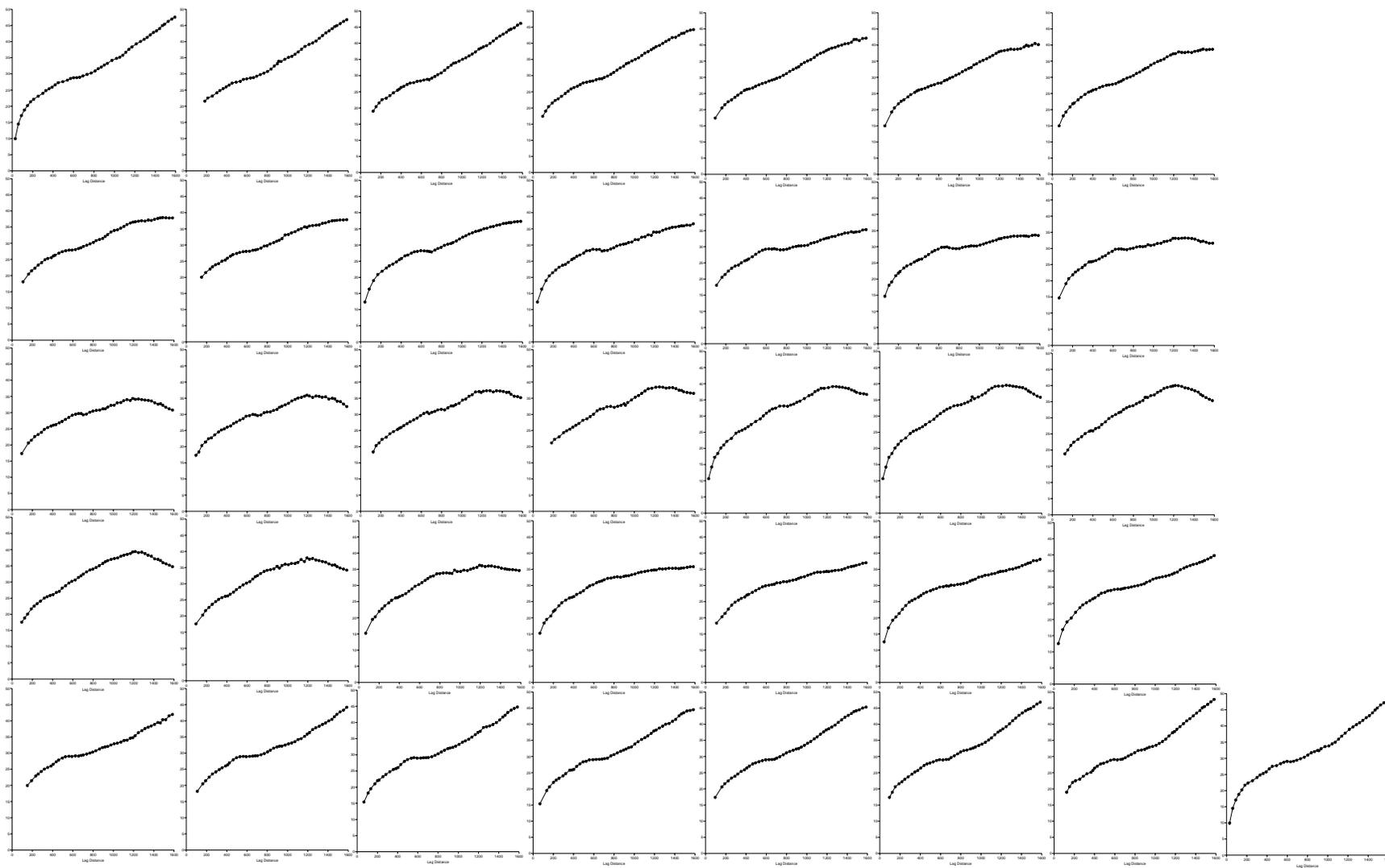
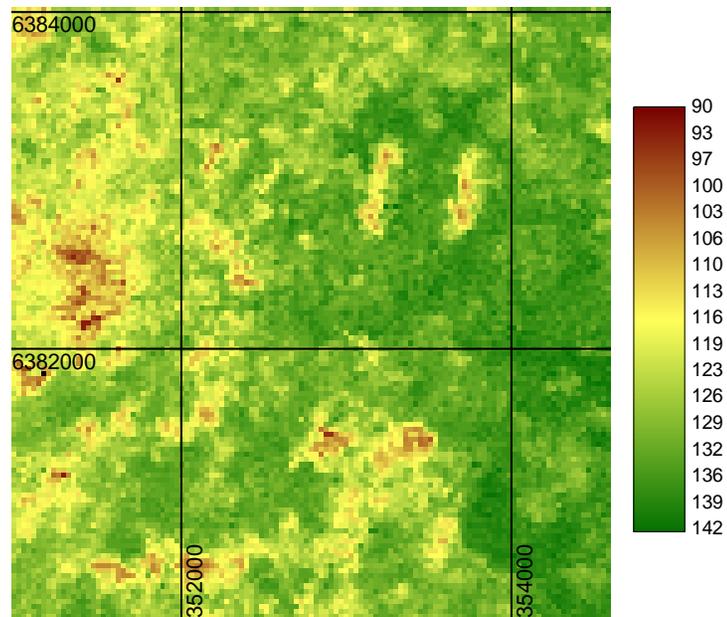
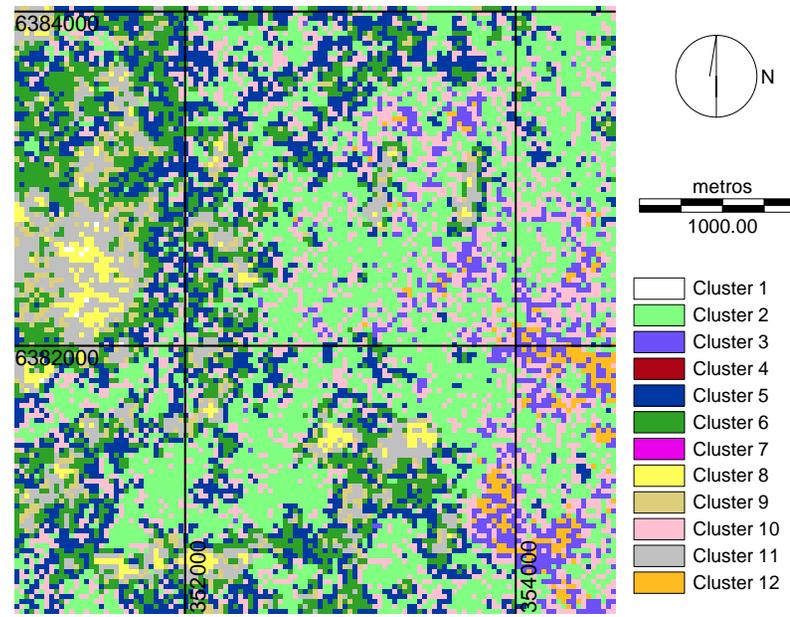


Figura 4.71 - Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 09/05/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



19/12/95 NDVI transf centro oeste

(a)



19/12/95 Agrup NDVI transf centro oeste

(b)

Agrup.	Clu 4	Clu 7	Clu 8	Clu 11	Clu 9	Clu 6	Clu 5	Clu 2	Clu 3	Clu 12	Clu 10
NDVI	38 - 68	63 - 83	84 - 108	109 - 116	117 - 118	119 - 123	124 - 127	130 - 134	137 - 138	139 - 152	128 - 163
N° píxeis			29.605	123.023	60.647	246.694	308.499	594.897	106.884	32.616	360.154

Figura 4.72 - Local de amostragem centro oeste em 19/12/95. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

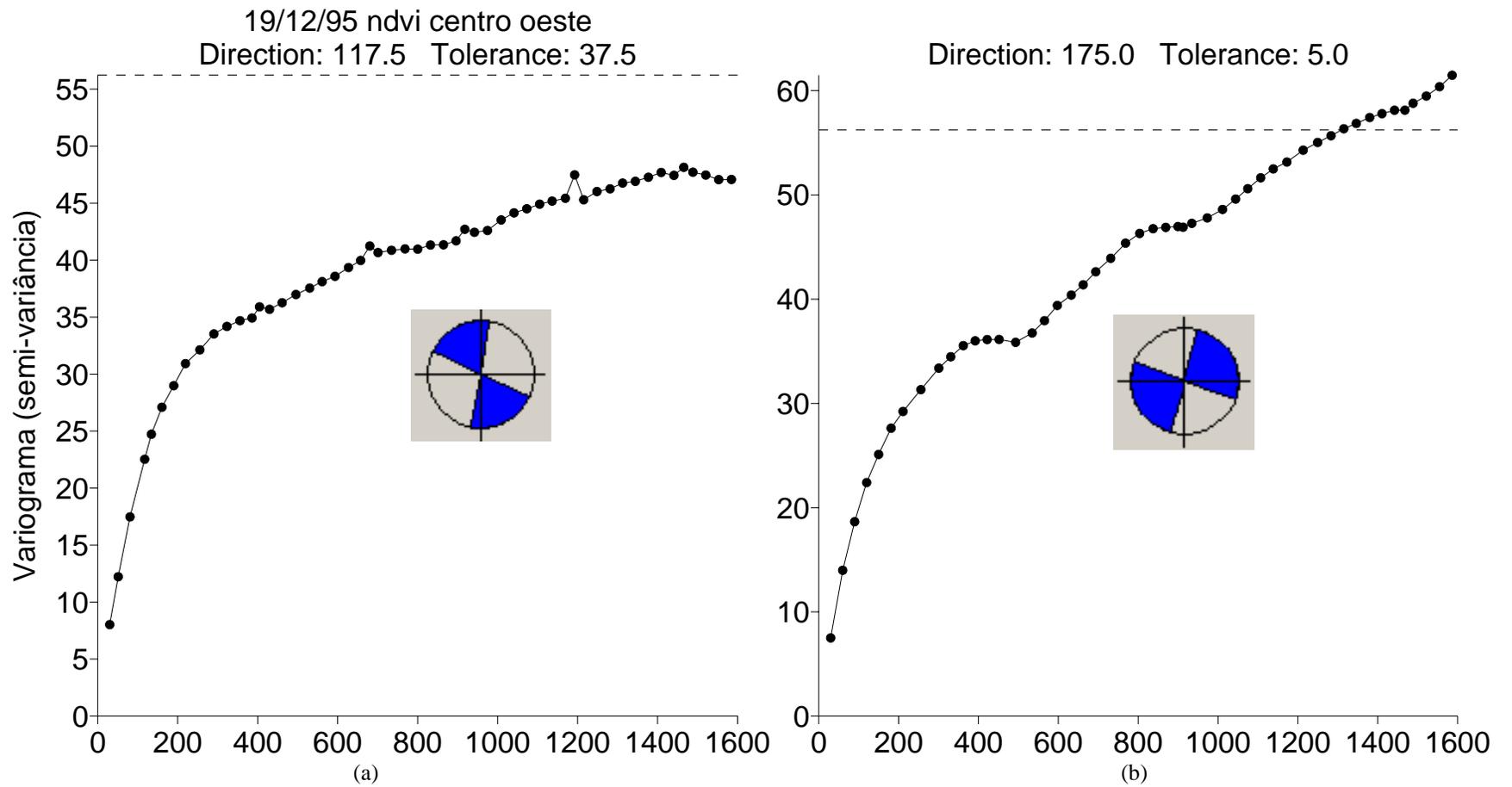


Figura 4.73 - Variogramas da janela centro oeste na data de 19/12/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

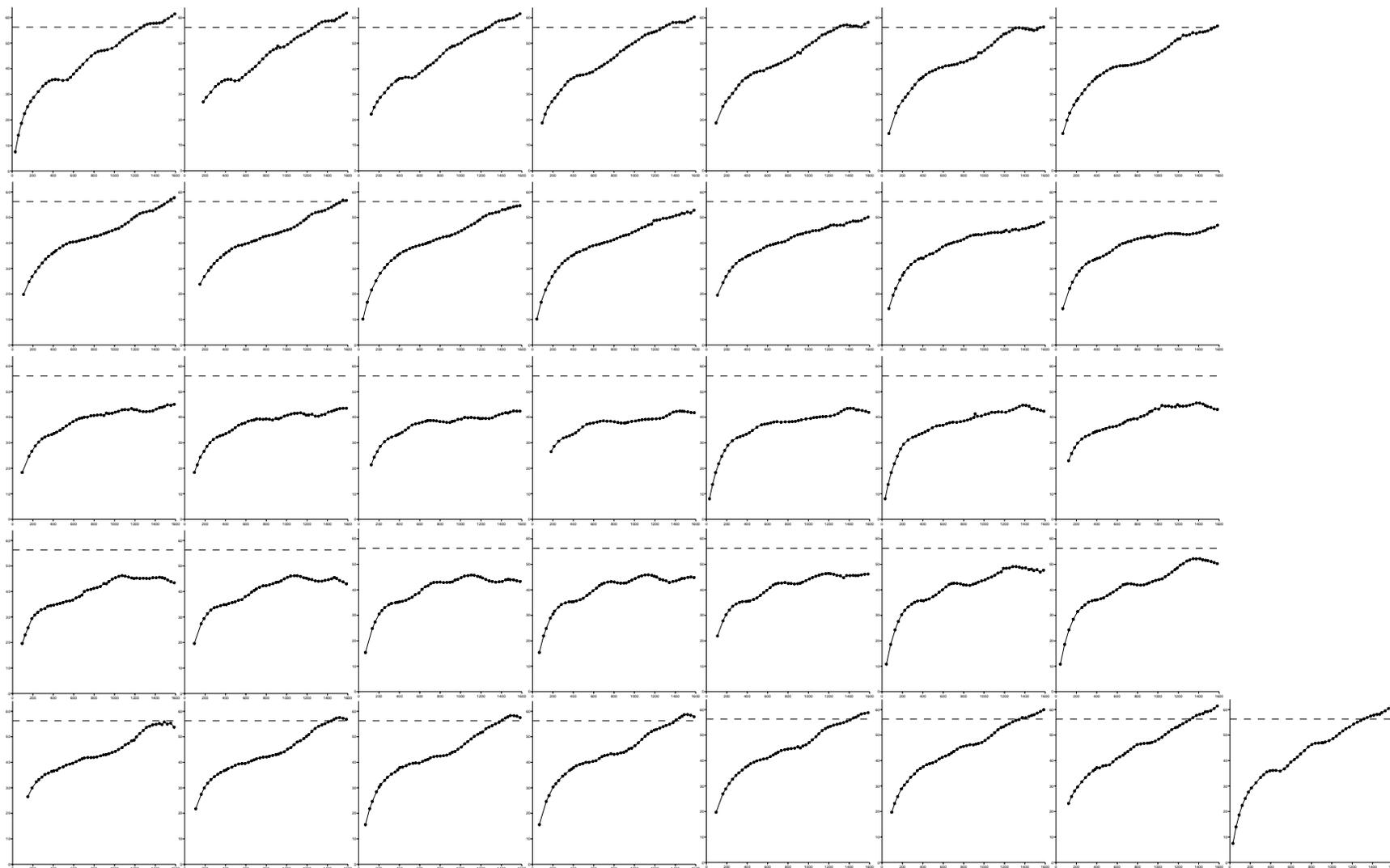
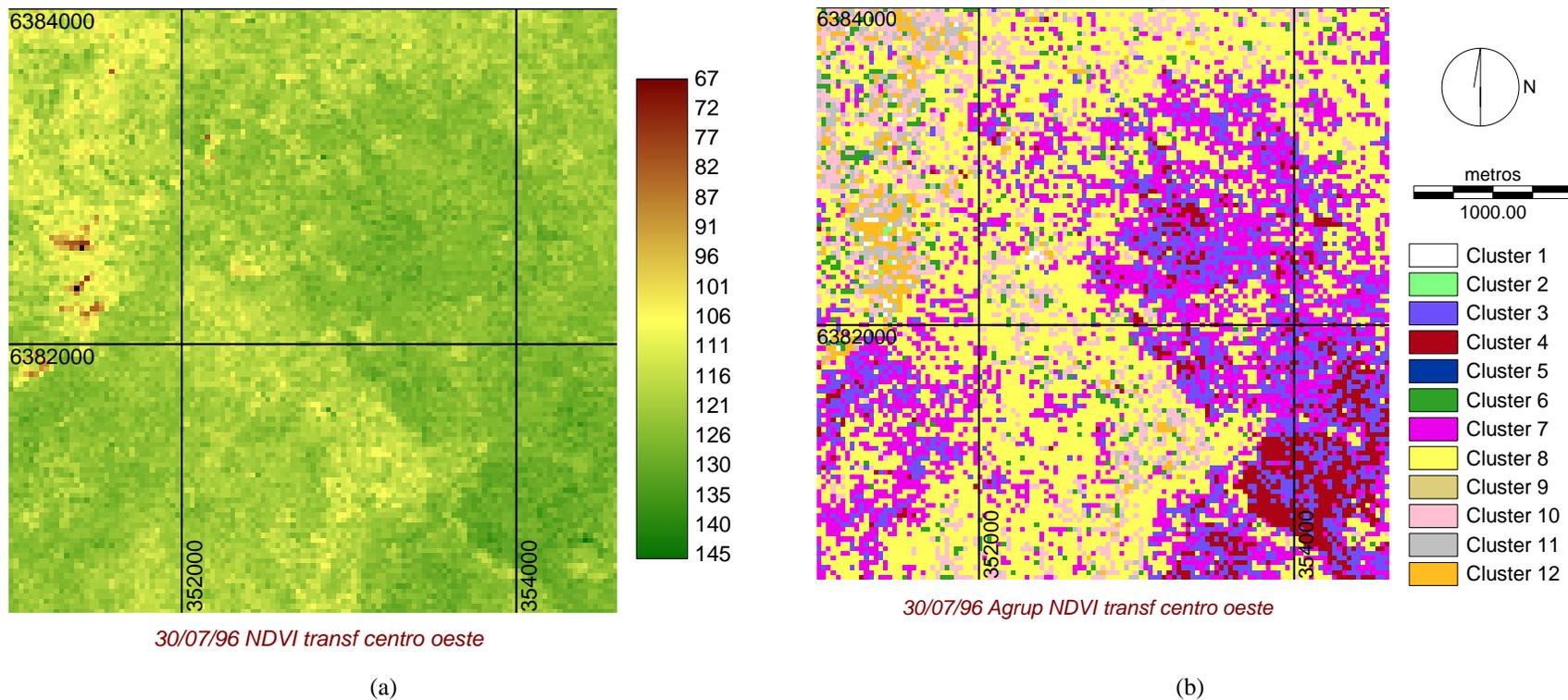


Figura 4.74 - Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 19/12/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



Agrup.	Clu 2	Clu 12	Clu 11	Clu 10	Clu 6	Clu 8	Clu 7	Clu 3	Clu 4	Clu 5	Clu 9
NDVI	0 - 75	76 - 107	108 - 110	111 - 114	115	116 - 122	123 - 125	126 - 128	129 - 138	151 - 161	139 - 200
N° píxeis	359	33.775	40.805	152.802	43.010	745.043	409.025	219.373	102.408		

Figura 4.75 - Local de amostragem centro oeste em 30/07/96. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

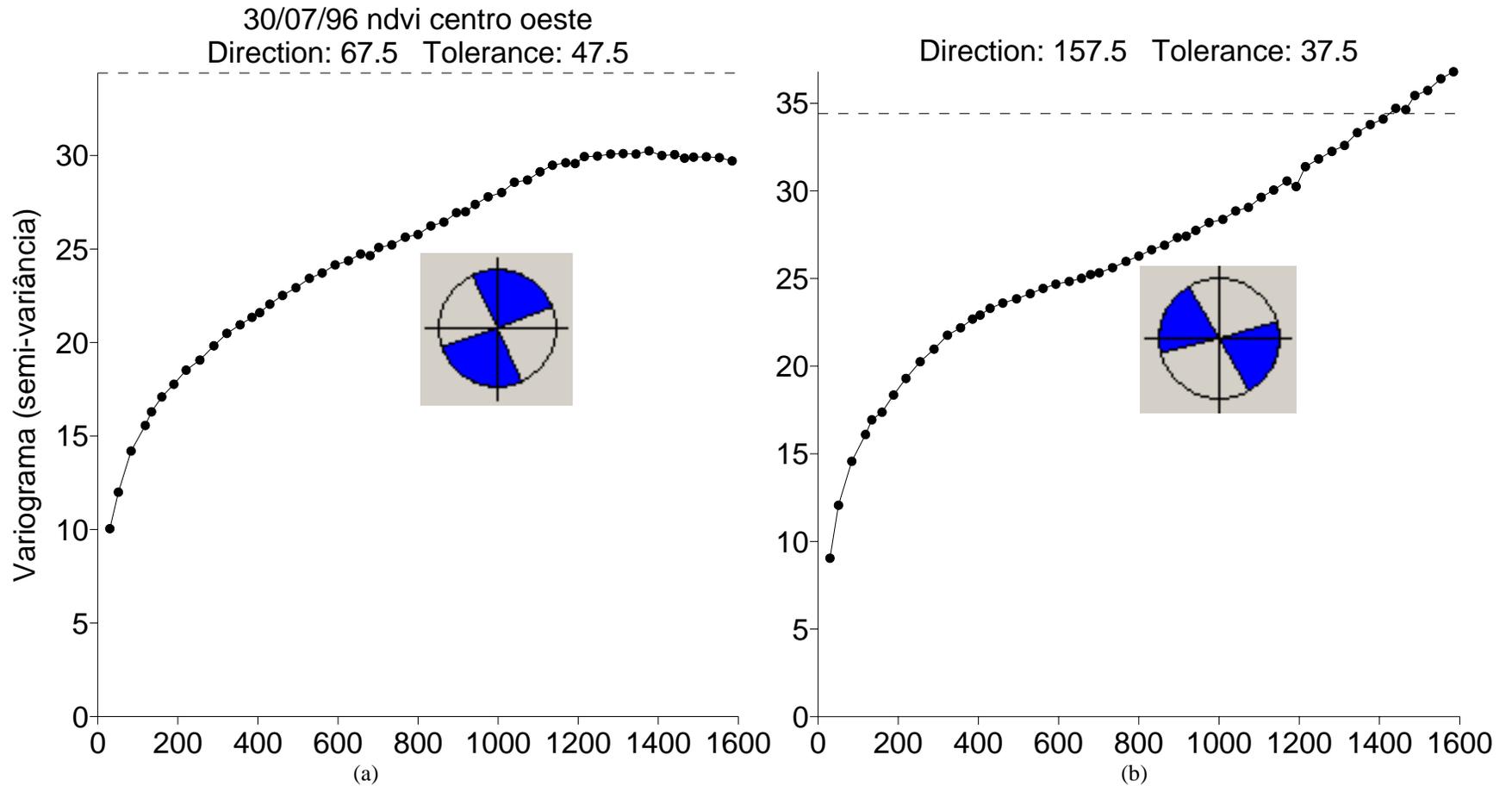


Figura 4.76 - Variogramas da janela centro oeste na data de 30/07/96. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

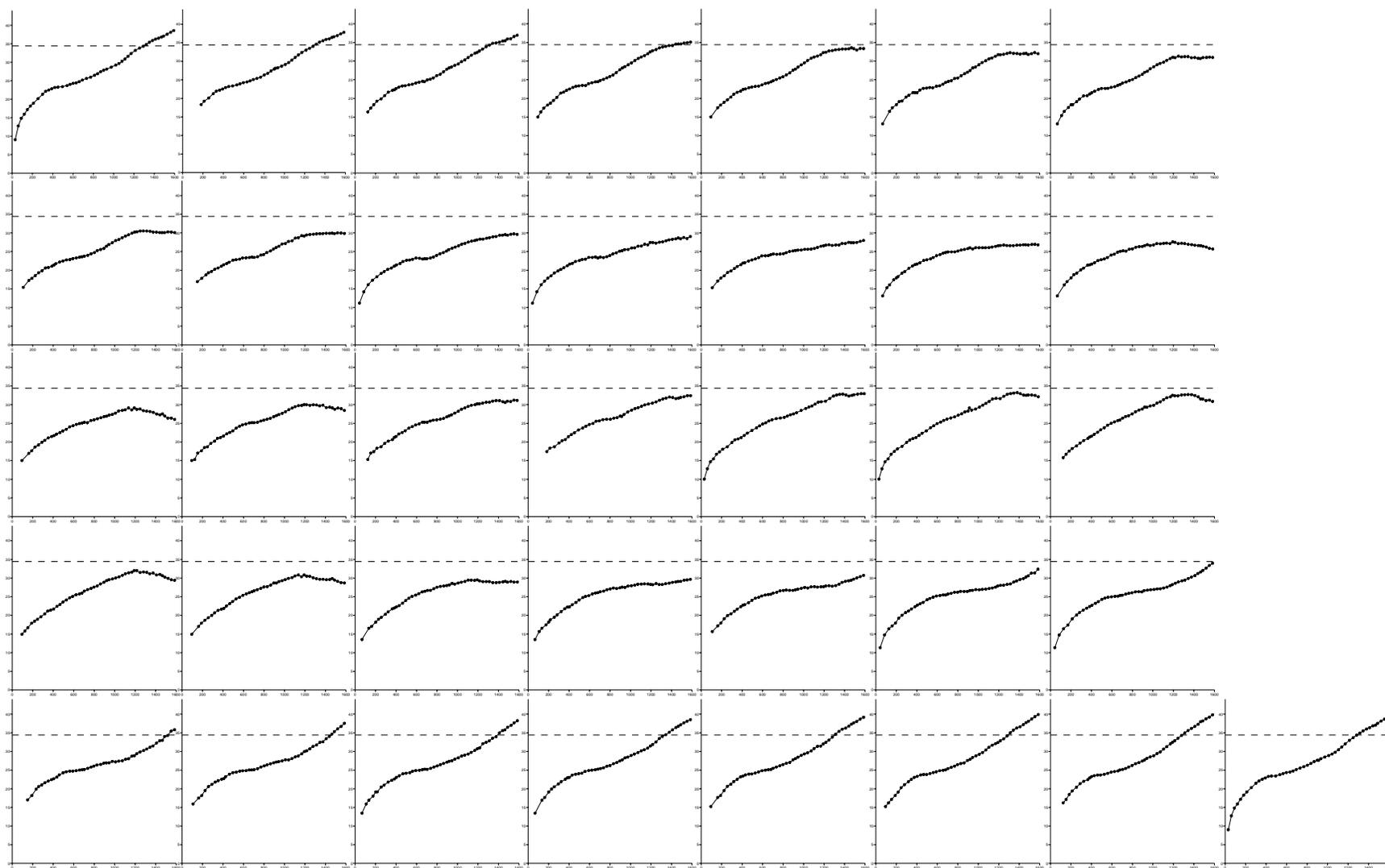
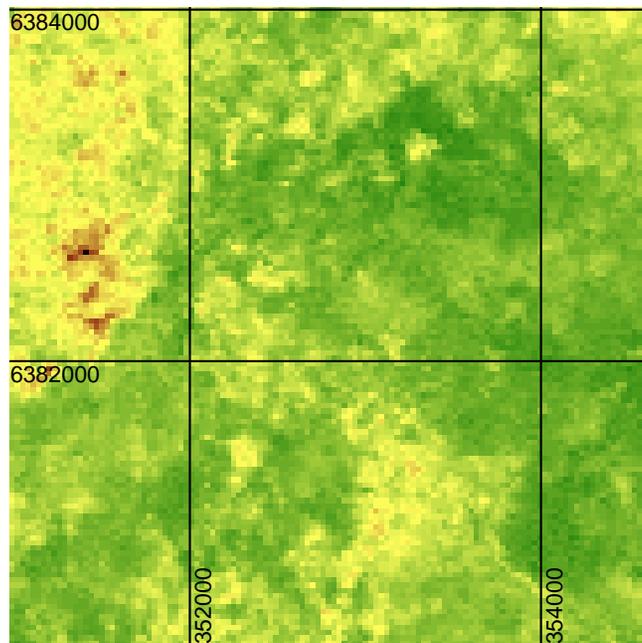
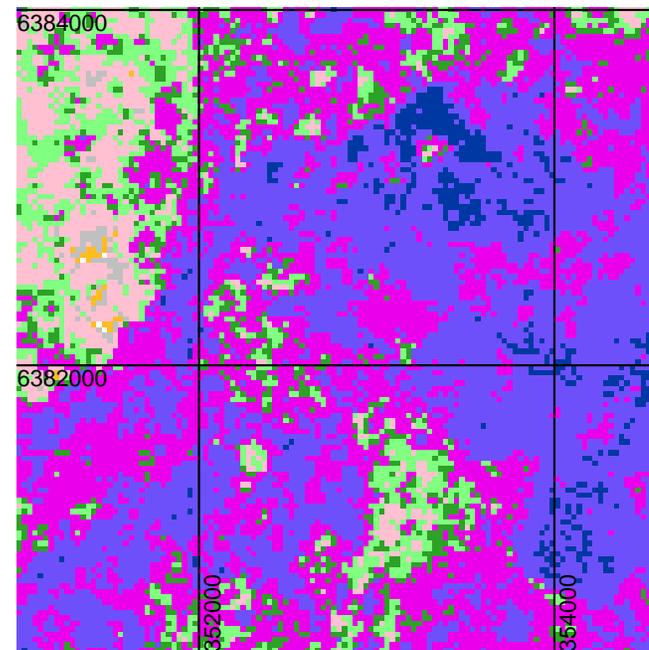
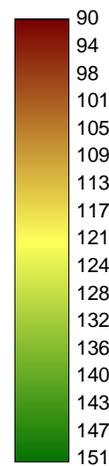


Figura 4.77 -Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 30/07/96. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



04/03/97 NDVI transf centro oeste

(a)



04/03/97 Agrup NDVI transf centro oeste

(b)

Agrup.	Clu 4	Clu 9	Clu 12	Clu 10	Clu 2	Clu 6	Clu 7	Clu 3	Clu 5	Clu 8	Clu 11
NDVI	24 - 63	64 - 84	85 - 106	113 - 121	122 - 125	126 - 127	128 - 134	135 - 141	142 - 165		107 - 171
N° pixels			2.764	122.297	168.708	115.539	676.654	765.312	73.466		8.700

Figura 4.78 - Local de amostragem centro oeste em 04/03/97. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

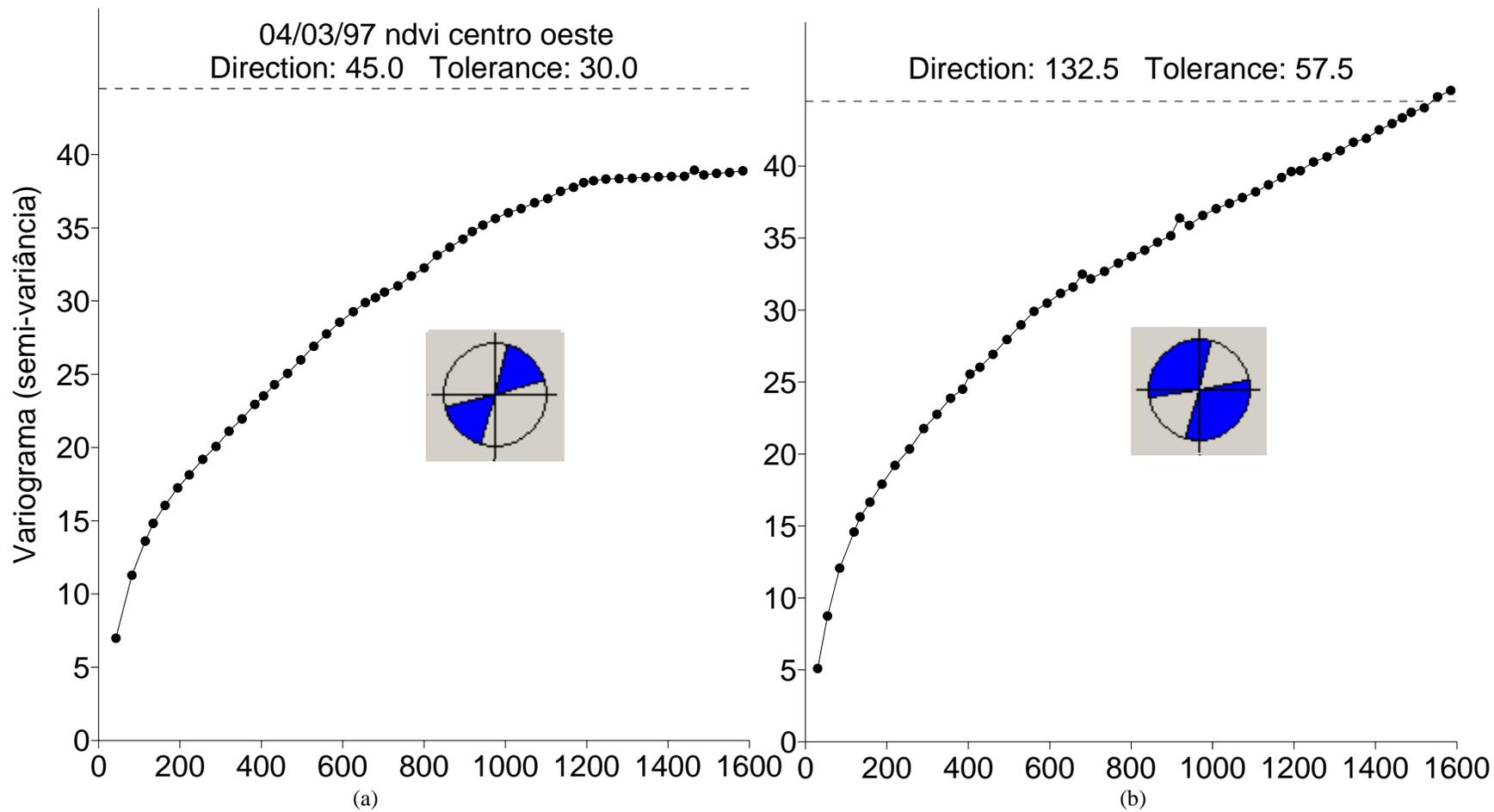


Figura 4.79 - Variogramas da janela centro oeste na data de 04/03/97. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

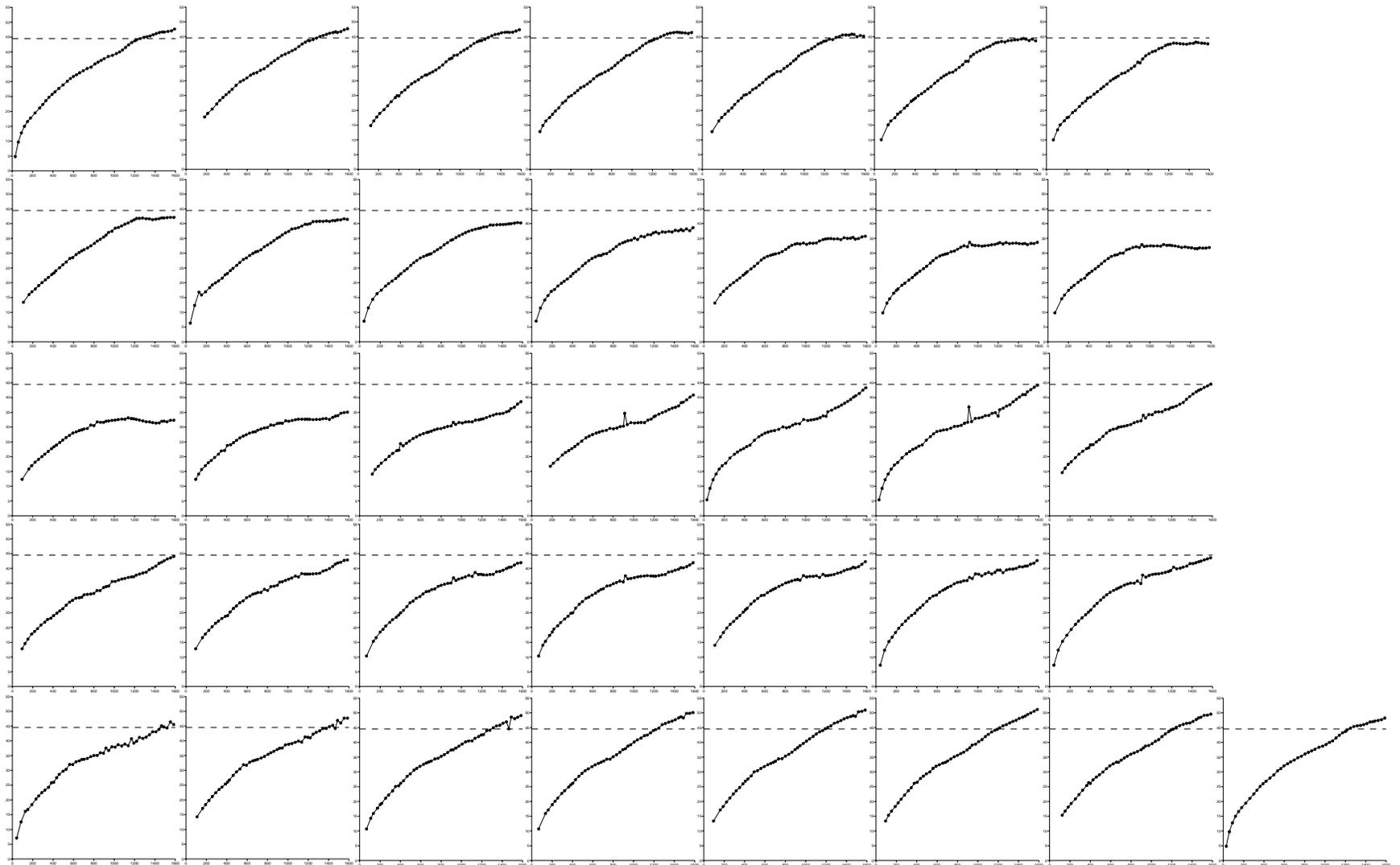
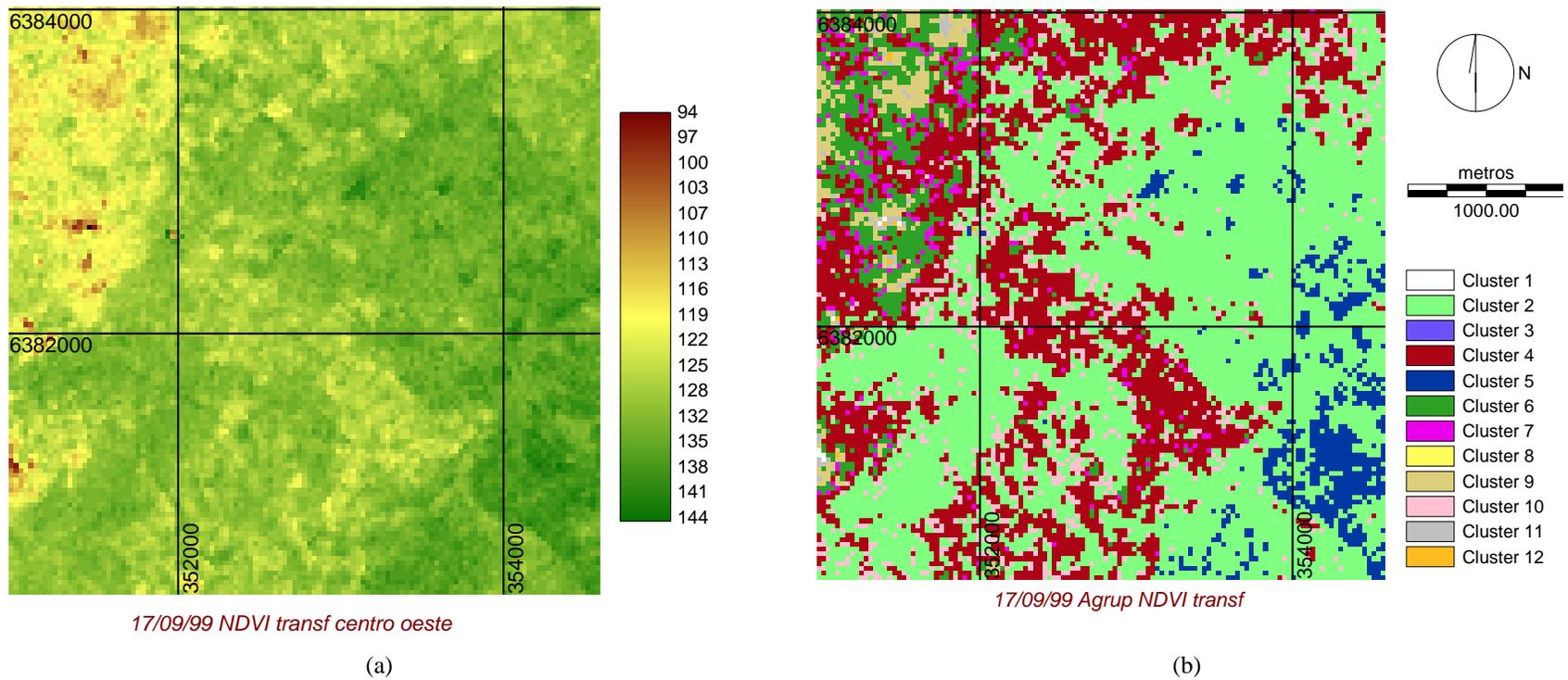


Figura 4.80.- Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 04/03/97. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



Agrup.	Clu 8	Clu 3	Clu 12	Clu 11	Clu 9	Clu 6	Clu 7	Clu 4	Clu 10	Clu 2	Clu 5
NDVI	52 - 70	71 - 81	48-105	106-110	111-116	117-121	122	123-128	129	130 - 136	137 - 157
N° píxeis			1.022	5.430	42.066	110.356	34.038	483.488	134.547	980.732	99.468

Figura 4.81 - Local de amostragem centro oeste em 17/09/99. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

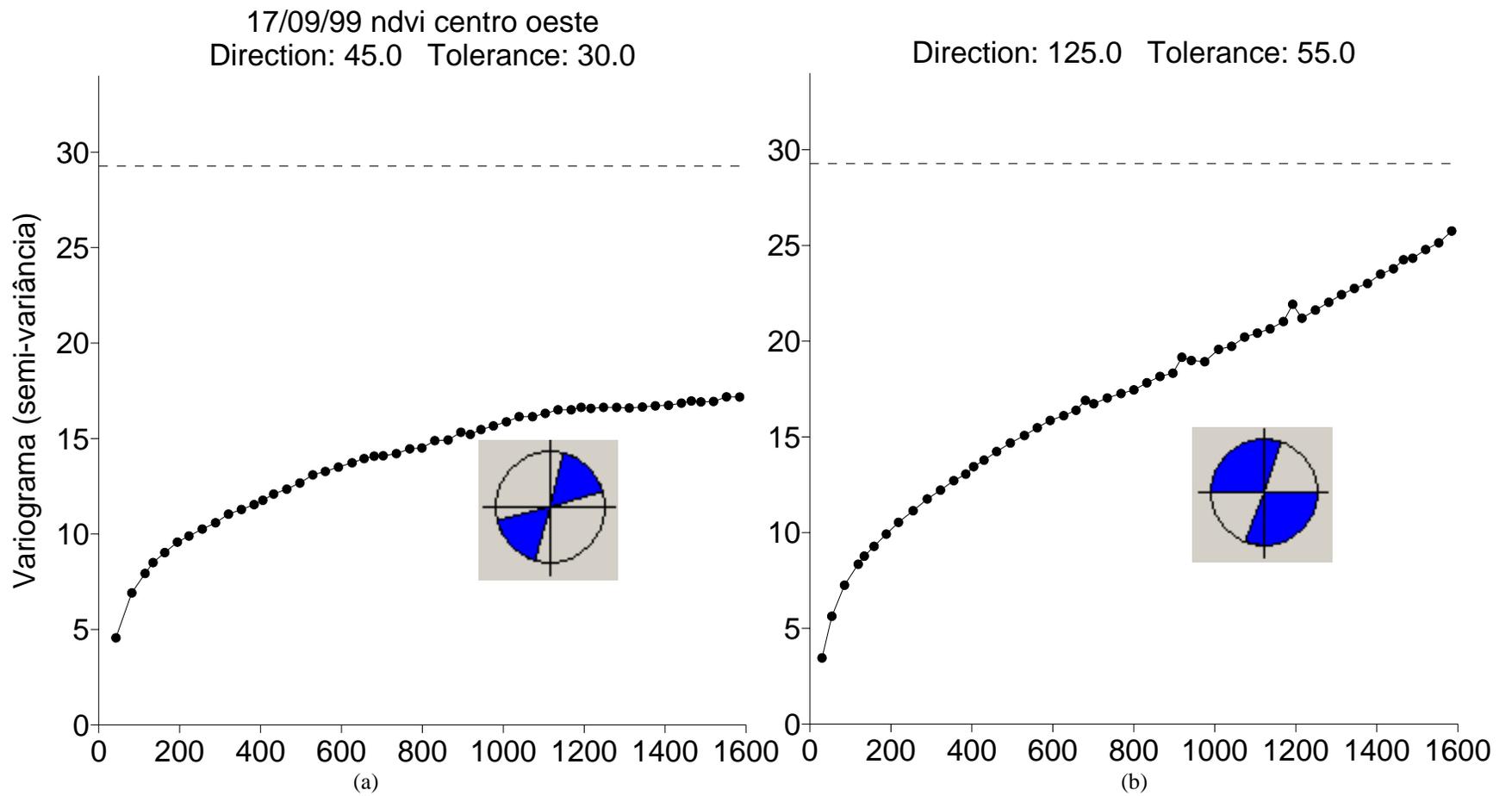


Figura 4. 82 - Variogramas da janela centro oeste na data de 19/09/99. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

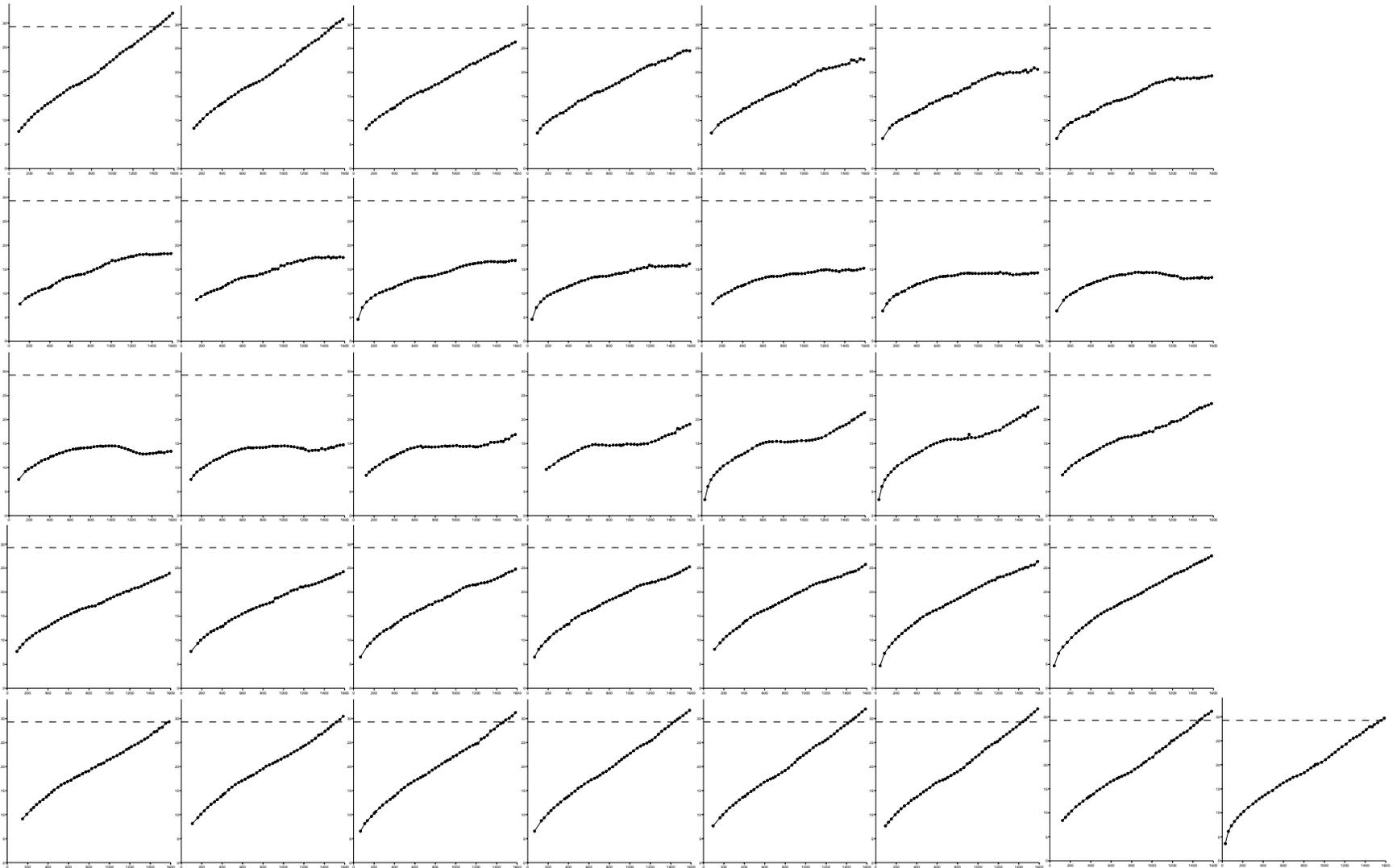
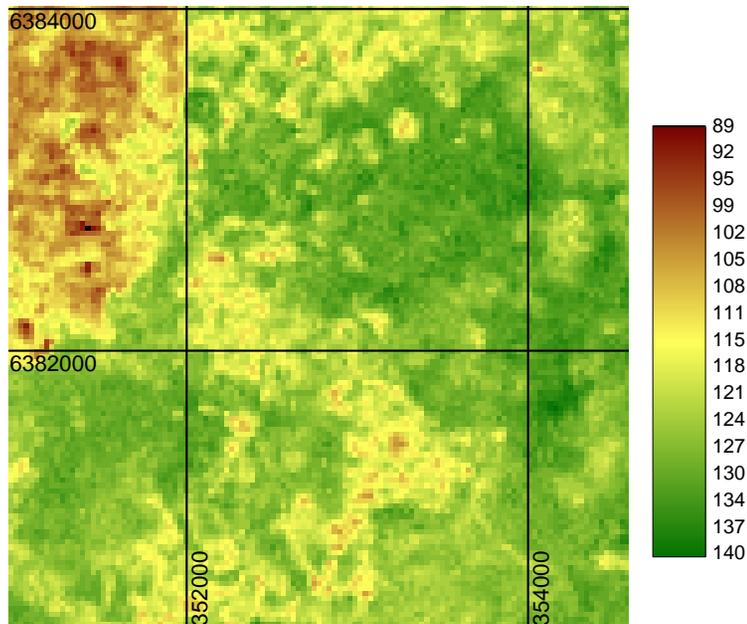
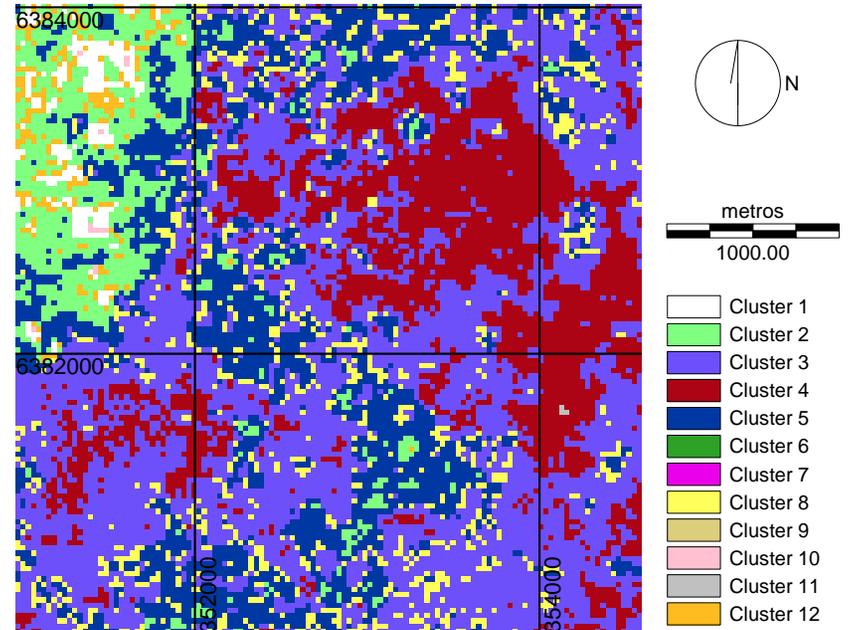


Figura 4.83. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 17/09/99. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



24/02/00 NDVI transf centro oeste

(a)



24/02/00 Agrup NDVI transf centro oeste

(b)

Agrup.	Clu 7	Clu 6	Clu 9	Clu 10	Clu 12	Clu 2	Clu 5	Clu 8	Clu 3	Clu 4	Clu 11
NDVI	35 - 54	55 - 65	66 - 84	85 - 94	102 - 103	104 - 111	112 - 120	121 - 122	123 - 129	130 - 138	139 - 174
N° pixeis				1.108	24.299	127.076	323.930	145.090	759.855	389.594	418

Figura 4.84. Local de amostragem centro oeste em 24/02/00. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

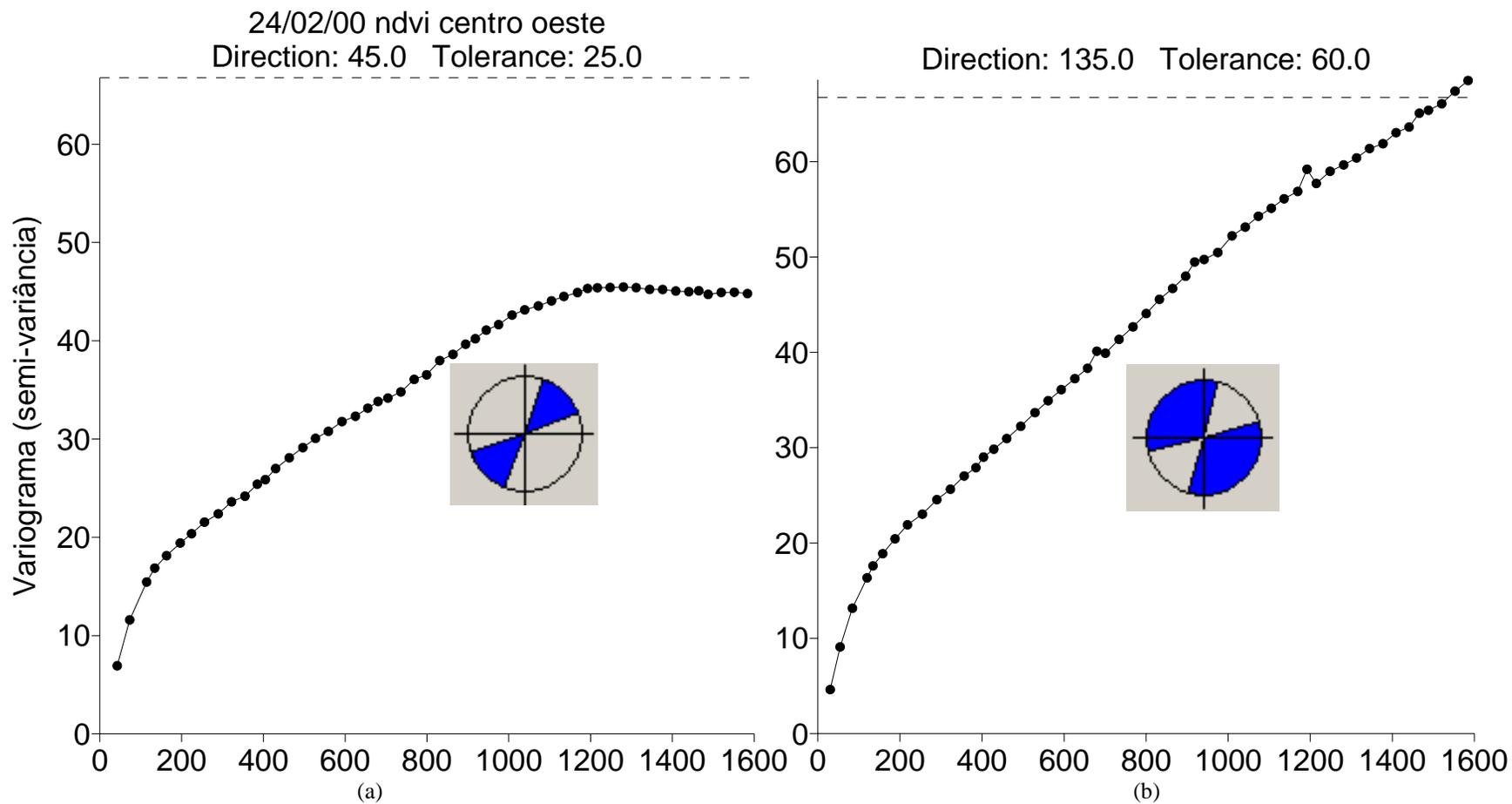


Figura 4.85. - Variogramas da janela centro oeste na data de 24/02/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

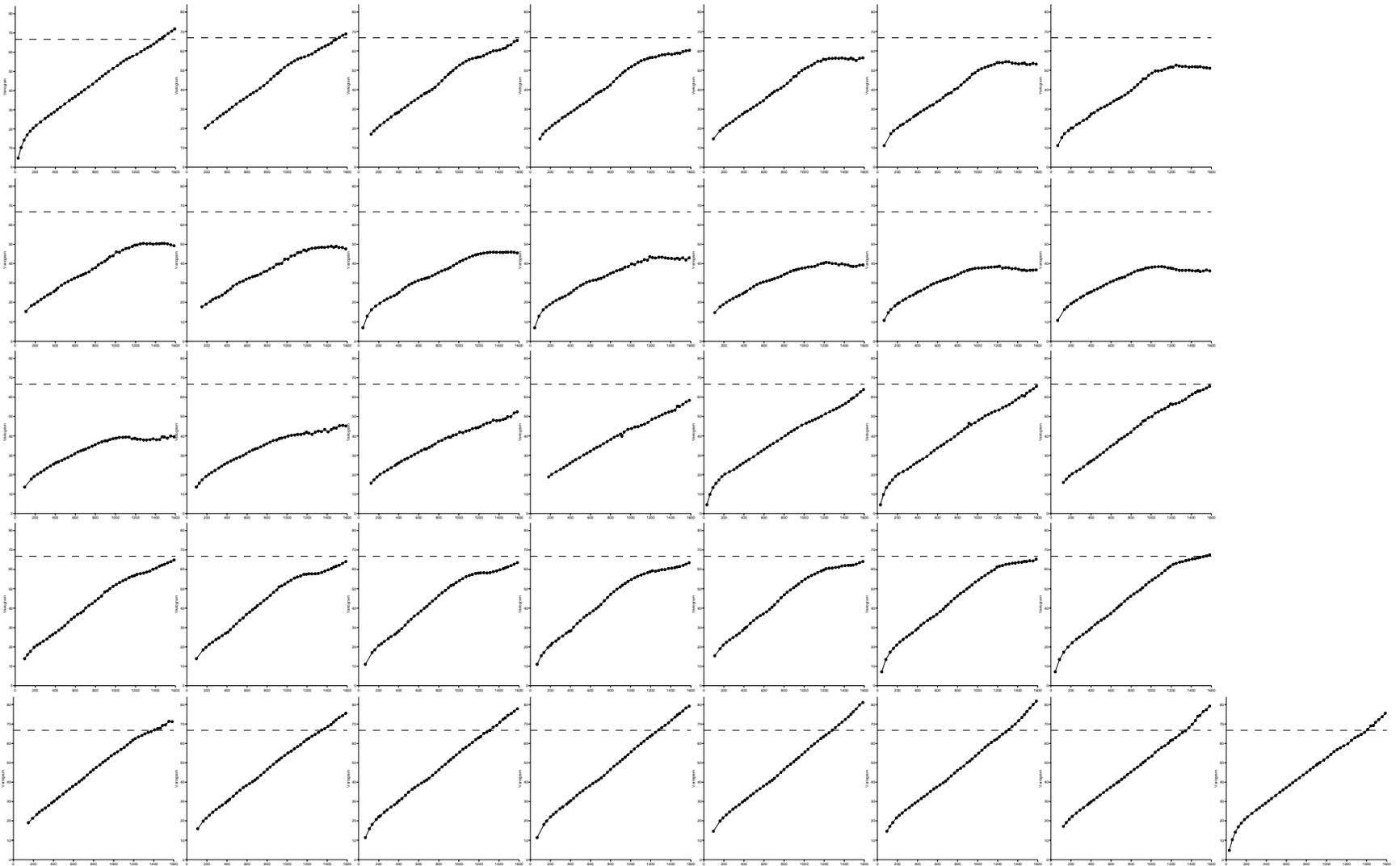
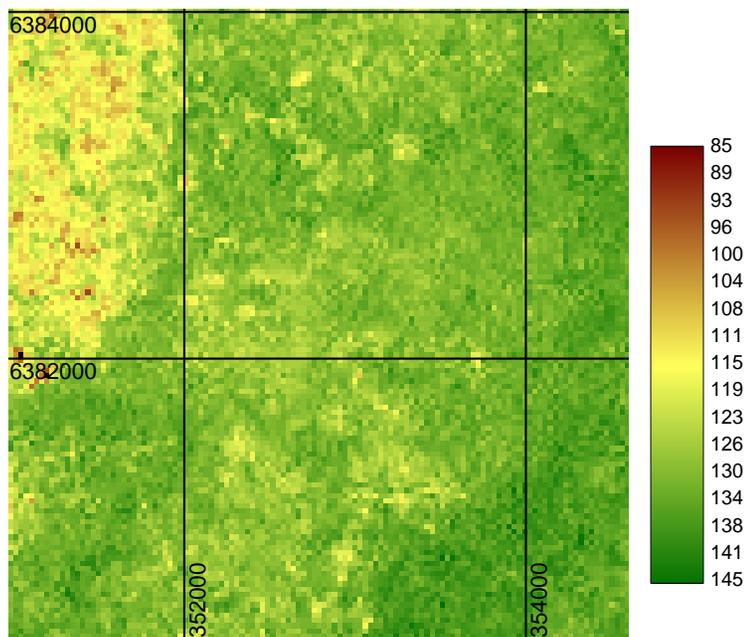
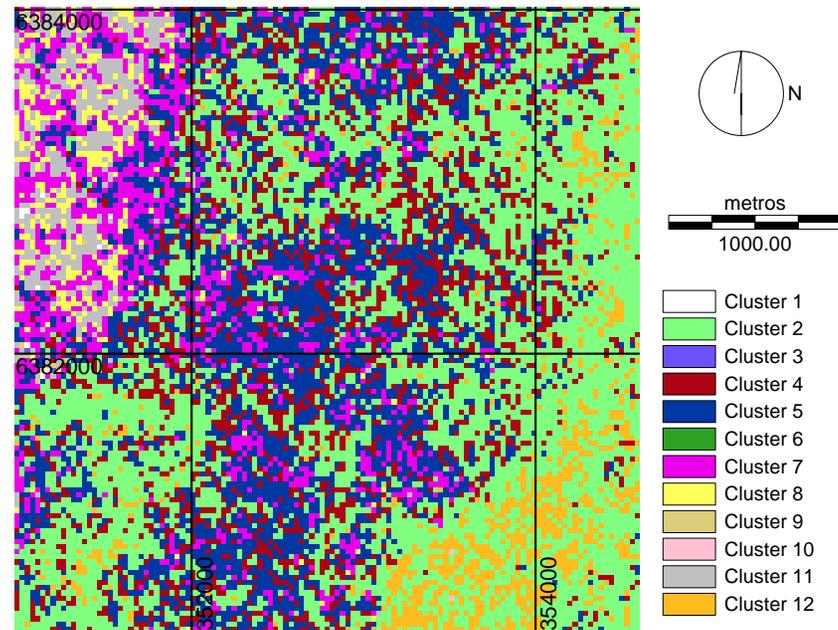


Figura 4.86. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 24/02/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



18/08/00 NDVI transf centro oeste

(a)



18/08/00 Agrup NDVI transf centro oeste

(b)

Agrup.	Clu 6	Clu 3	Clu 9	Clu 11	Clu 8	Clu 7	Clu 5	Clu 4	Clu 2	Clu 12	Clu 10
NDVI	42 - 75	76 - 87	88 - 101	102 - 113	114 - 116	117 - 123	124 - 128	129 - 130	131 - 136	137 - 144	8 - 198
N° pixels		170	872	57.712	43.497	173.853	415.590	292.982	770.122	126.400	290

Figura 4.87 - Local de amostragem centro oeste em 18/08/00. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

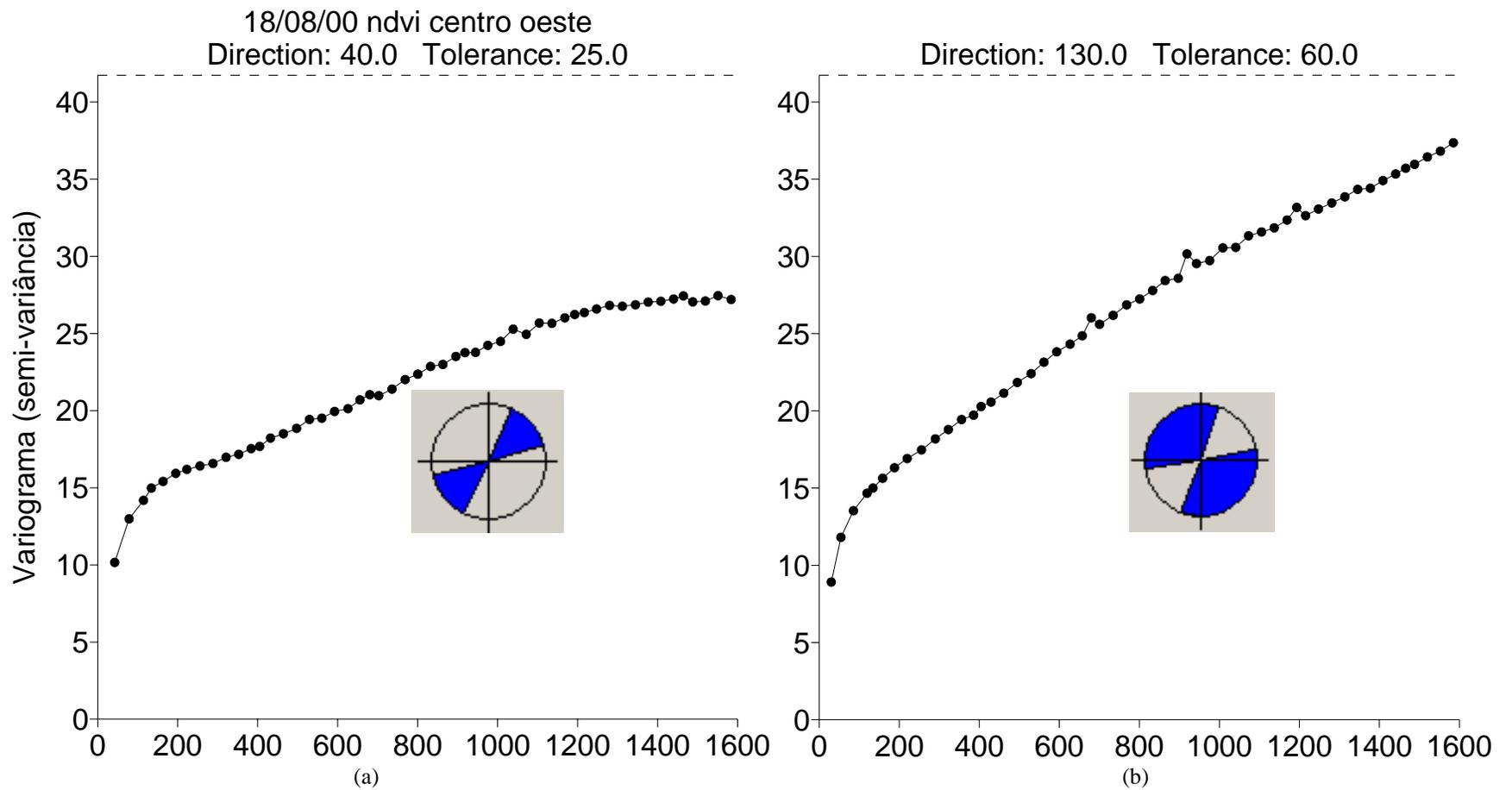


Figura 4.88 - Variogramas da janela centro oeste na data de 18/08/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

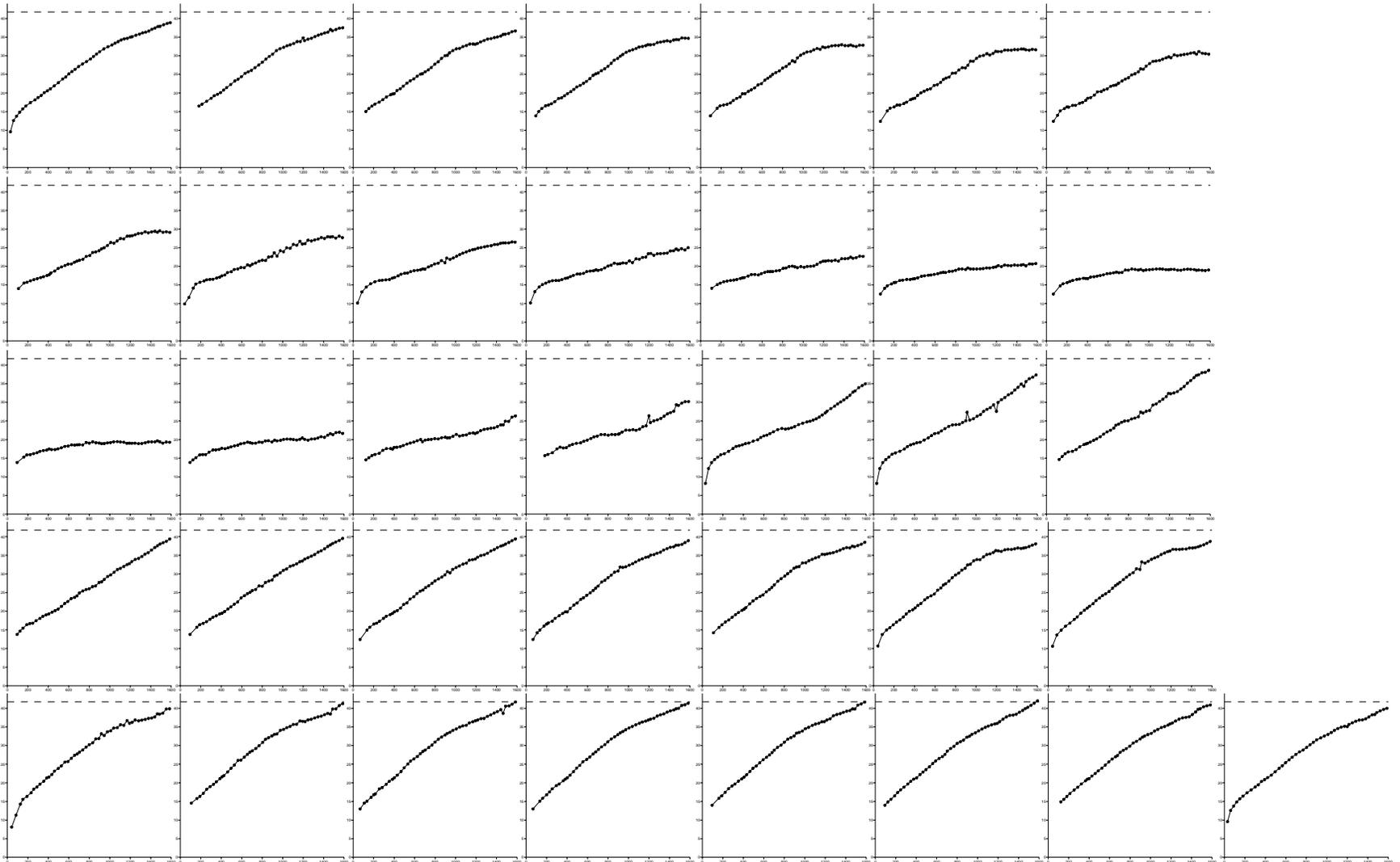
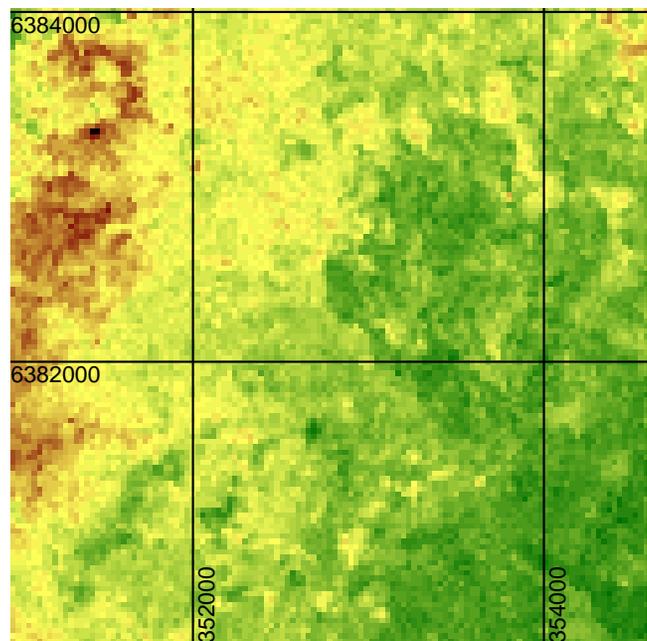
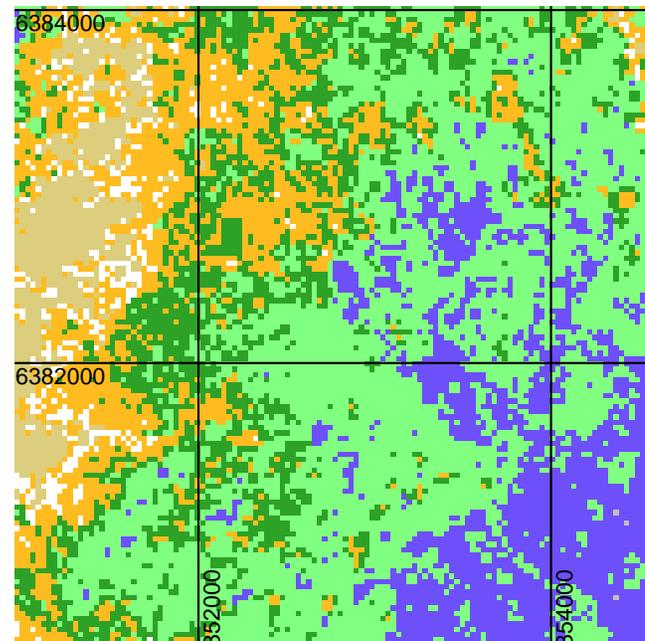


Figura 4.89 - Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 18/08/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



28/01/02 NDVI transf centro oeste

(a)



28/01/02 Agrup NDVI transf centro oeste

(b)

Agrup.	Clu 5	Clu 7	Clu 9	Clu 12	Clu 6	Clu 2	Clu 3	Clu 11	Clu 10	Clu 4	Clu 8
NDVI	37 - 71	46 - 55	72 - 97	98 - 105	106 - 108	109 - 116	117 - 123	124	125 - 138	139 - 151	25 - 164
N° pixeis			79.599	259.533	264.341	675.479	277.984	372			

Figura 4.90 - Local de amostragem centro oeste em 28/01/02. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

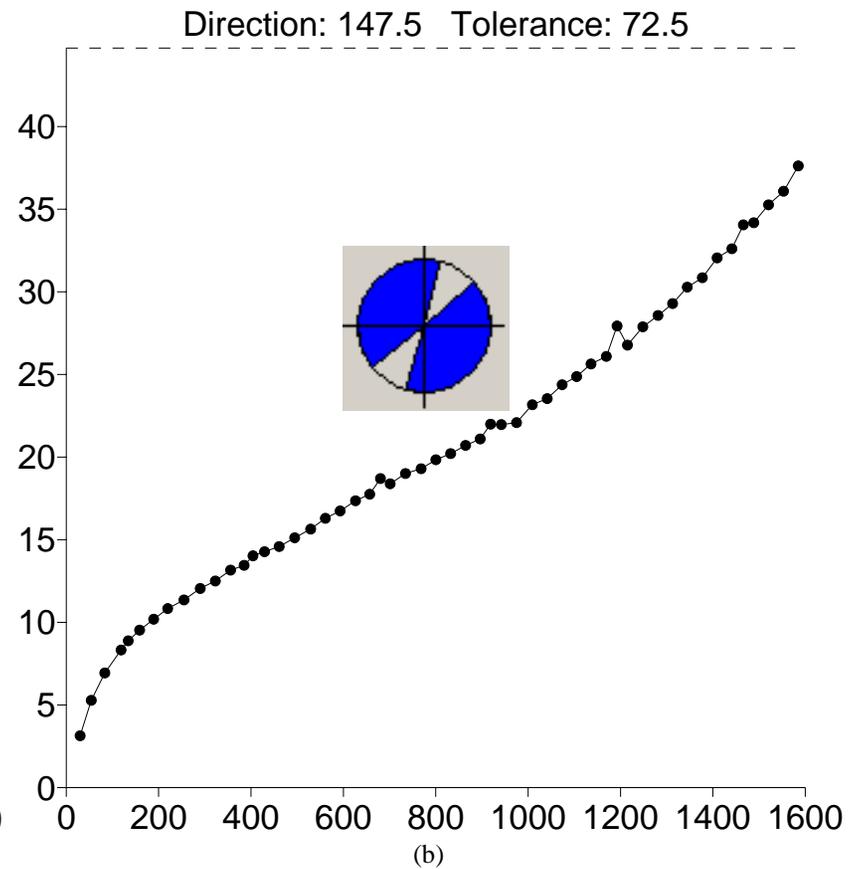
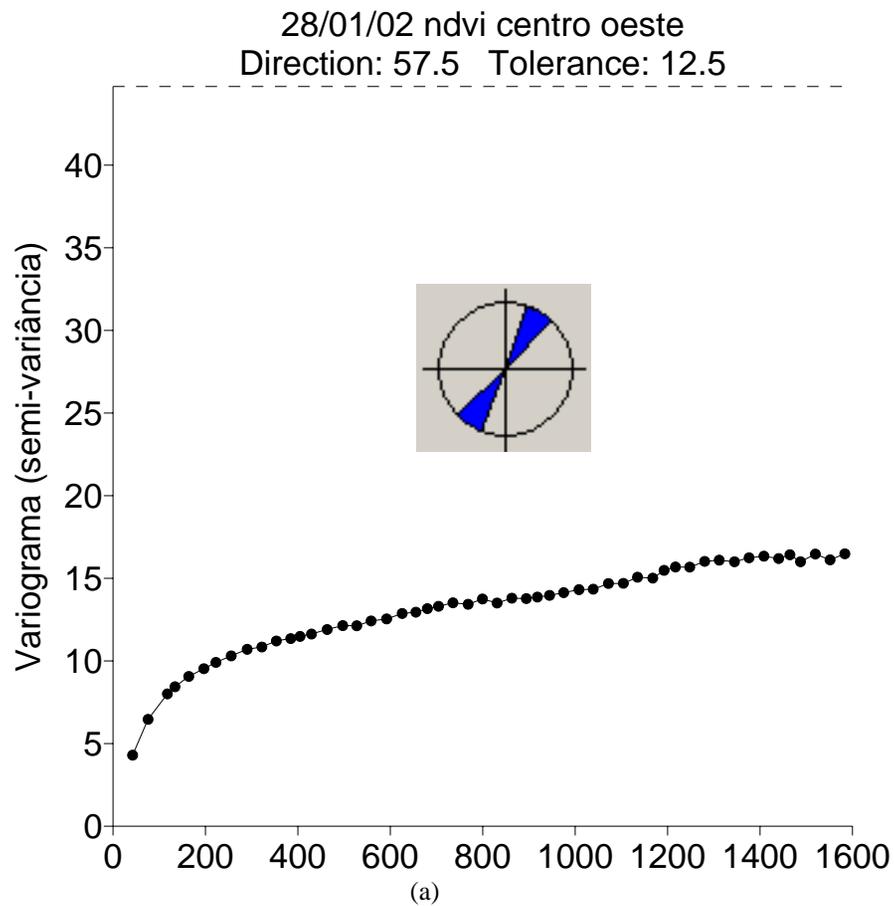


Figura 4.91 - Variogramas da janela centro oeste na data de 28/01/02. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

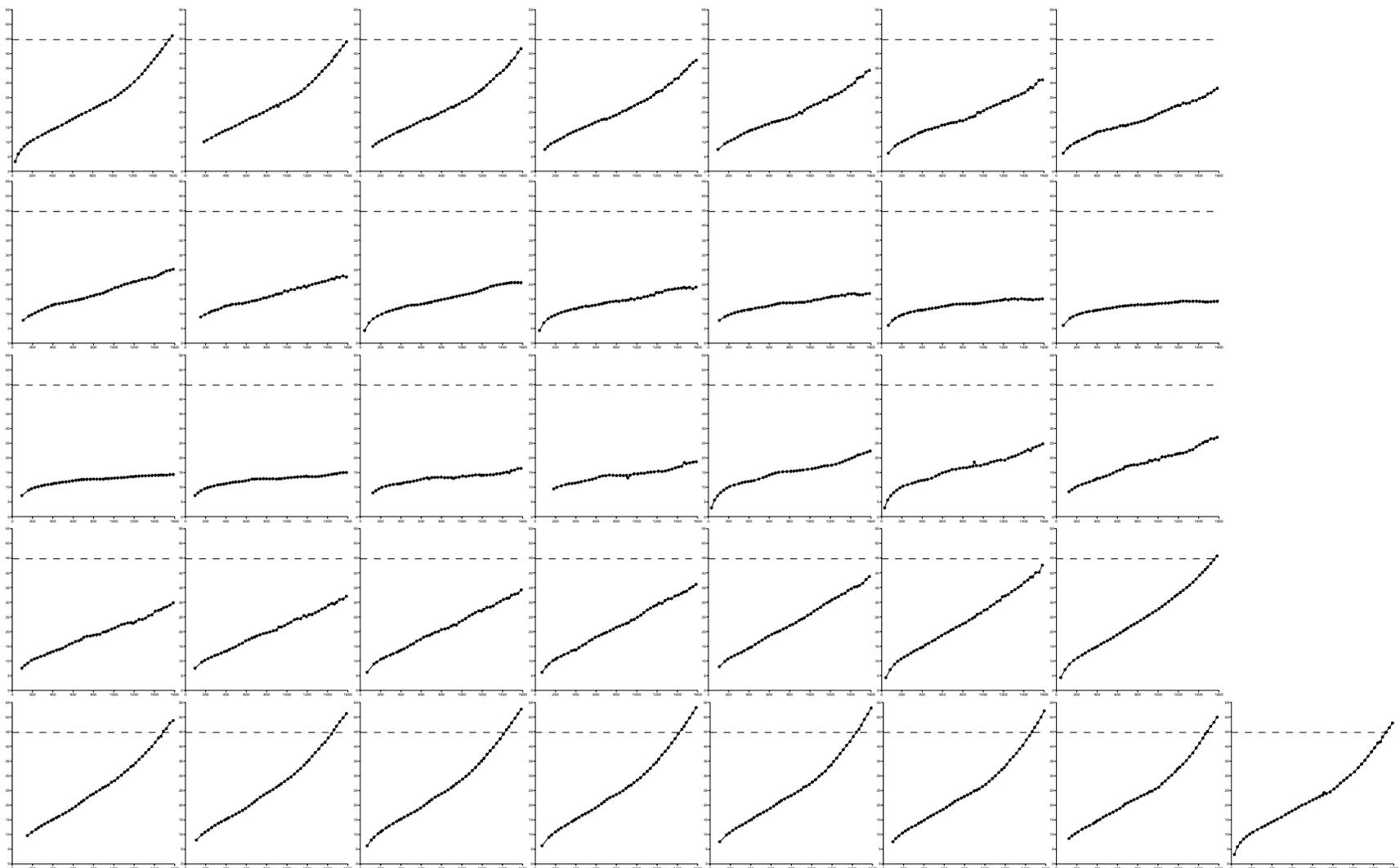
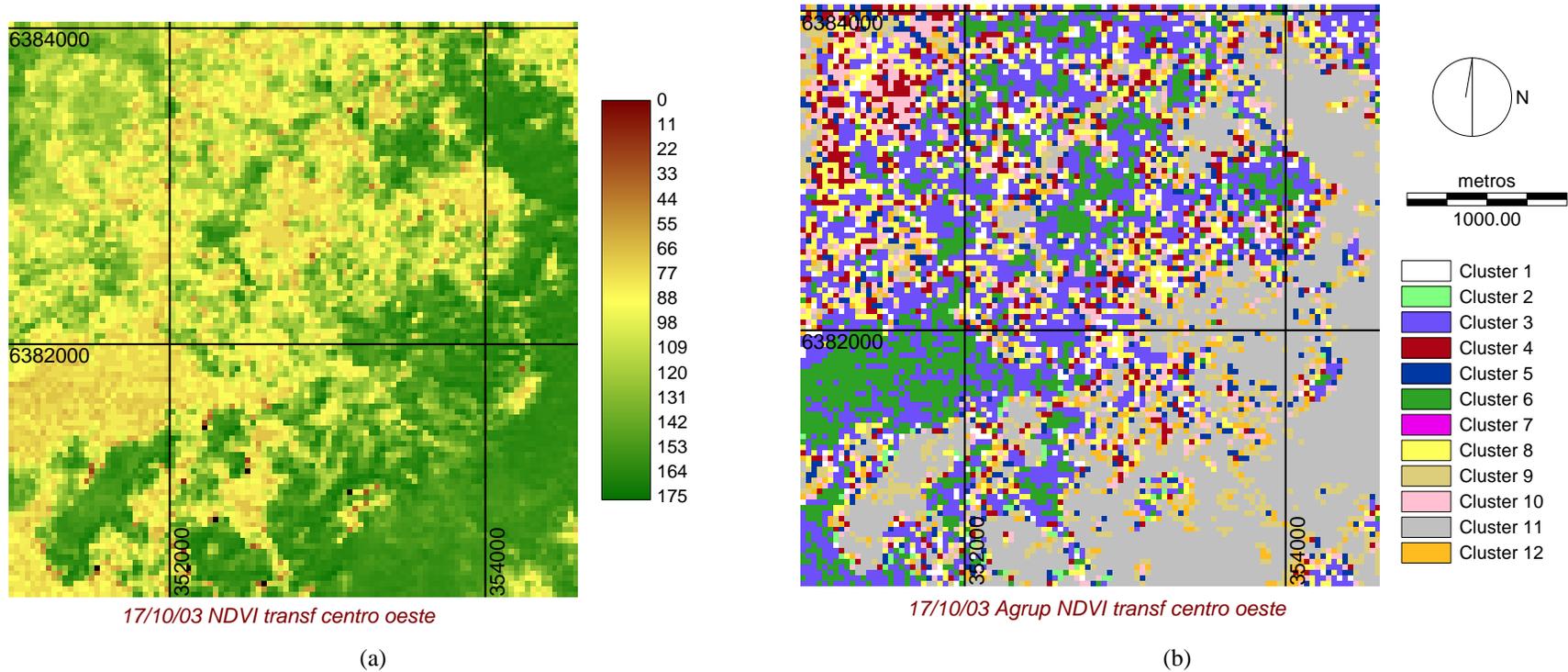


Figura 4.92 - Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 28/01/02. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



Agrup.	Clu 2	Clu 6	Clu 3	Clu 8	Clu 4	Clu 10	Clu 5	Clu 12	Clu 9	Clu 11	Clu 7
NDVI	0 - 57	58 - 76	77 - 98	102 - 113	114 - 120	121 - 129	130 - 135	136 - 140	141 - 148	149 - 179	200
N° pixeis	4.296	89.595	202.197	115.445	81.822	97.338	68.209	59.372	115.743	470.188	

Figura 4.93 - Local de amostragem centro oeste em 17/10/03. (a) NDVI (transformado); (b) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

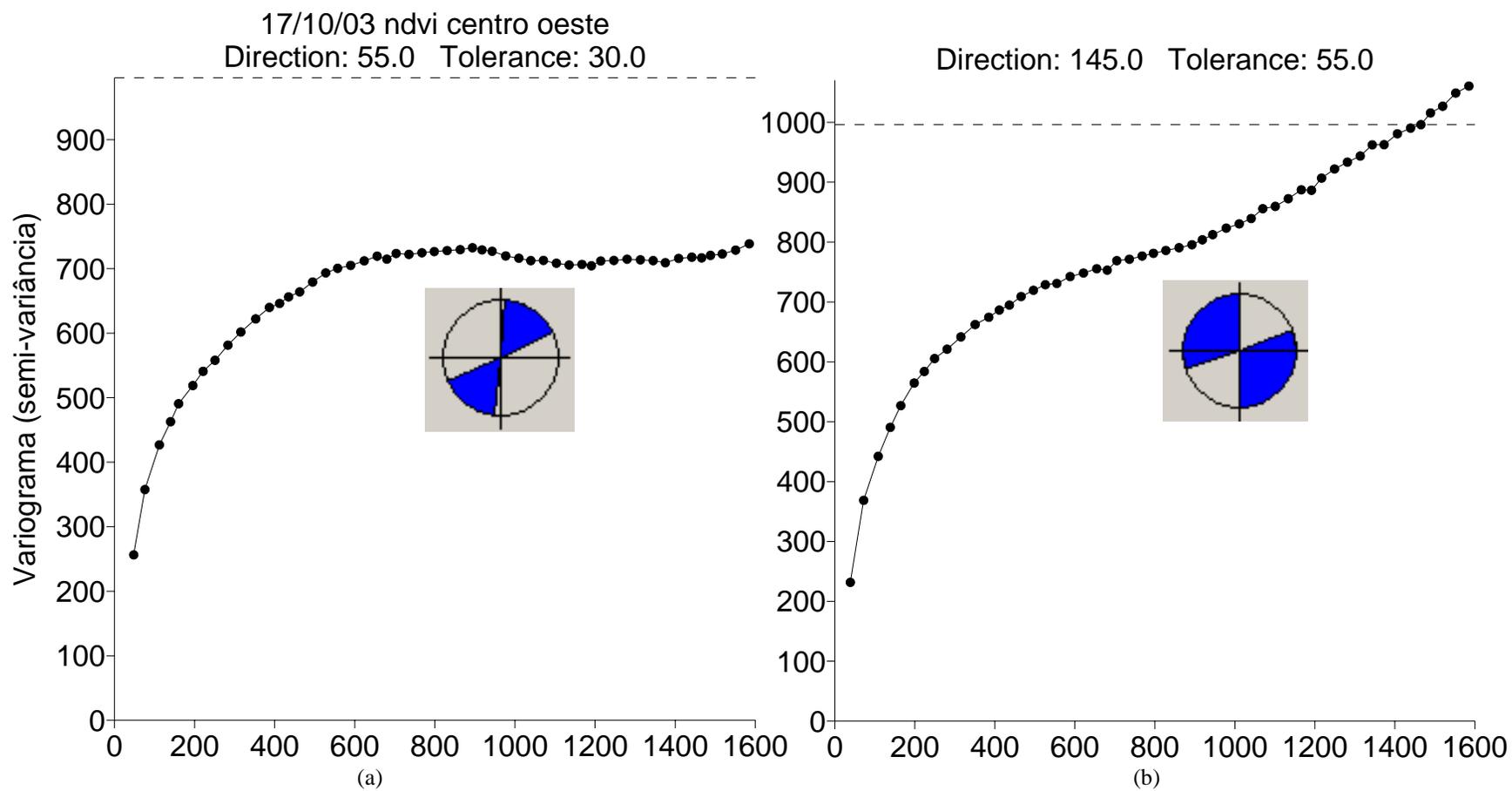


Figura 4.94 - Variogramas da janela centro oeste na data de 17/10/03. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

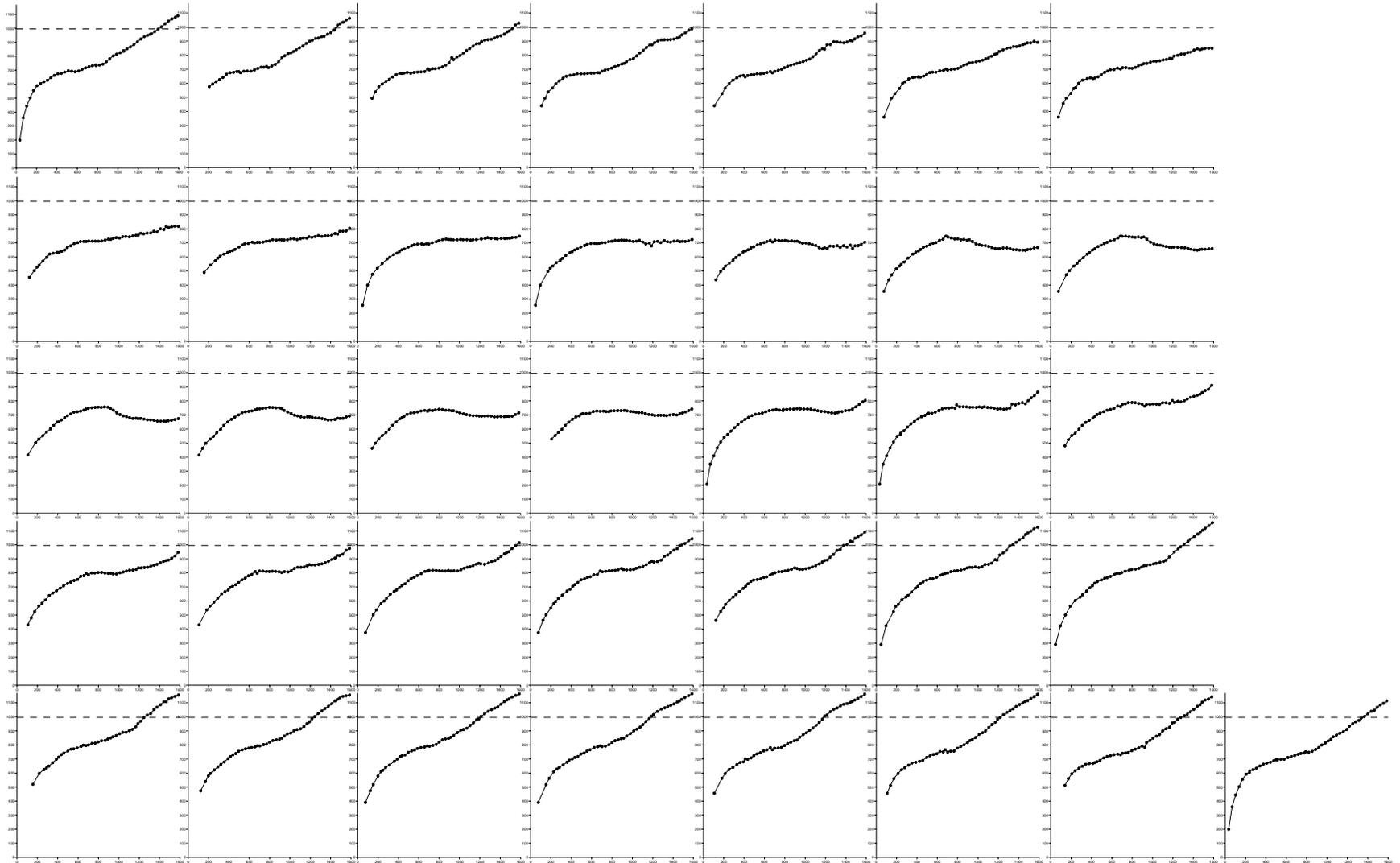
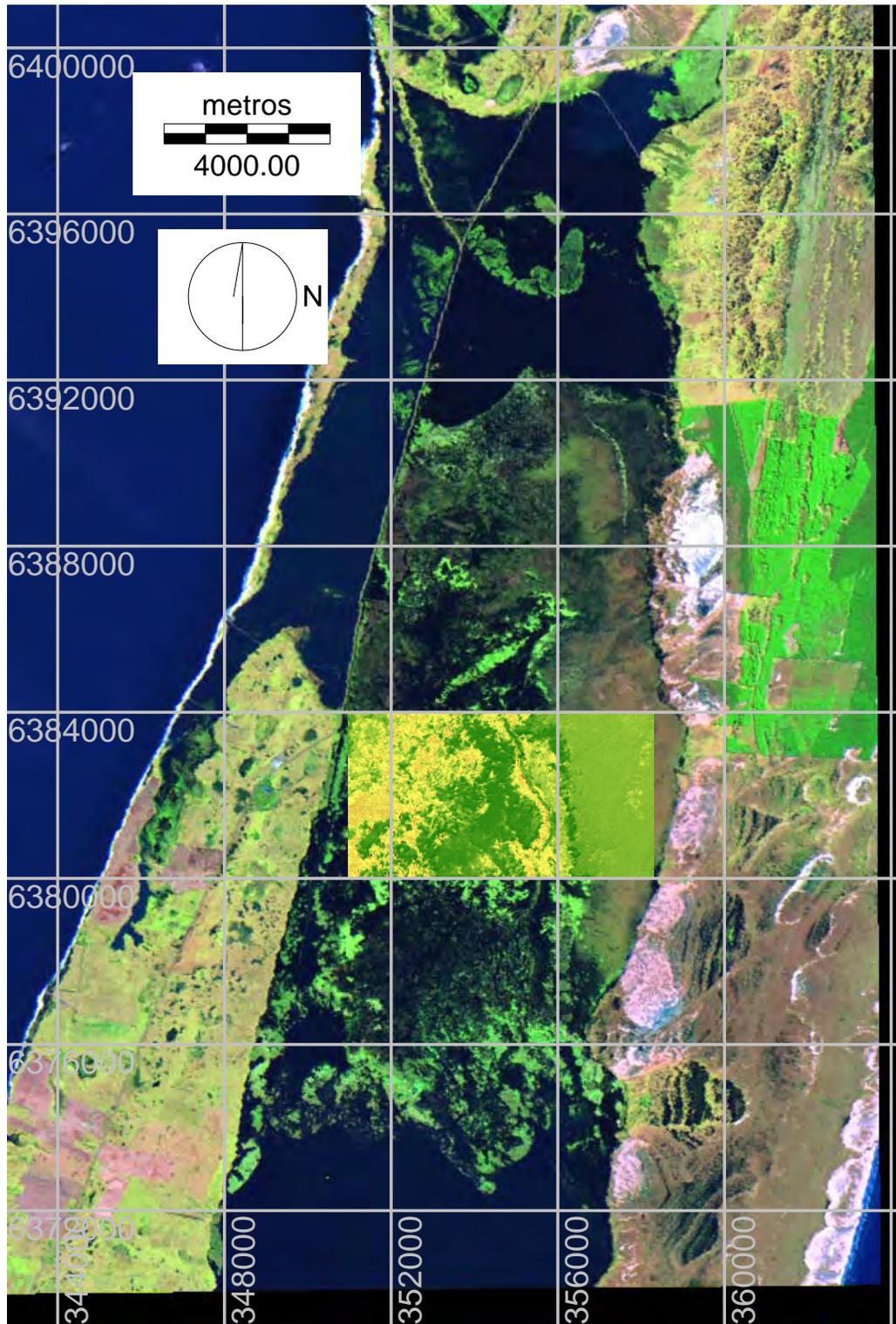


Figura 4.95 - Semivariogramas da variável NDVI da janela centro oeste da imagem de 17/10/03. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



local da amostragem chamado centro total

Figura 4.96. Imagem Landsat TM 17/10/03 mostrando local de amostragem chamado centro total para o cálculo do semivariograma.

Tabela 4.5. Comparação de resposta da variografia entre as amostras centro leste e centro total

direç	julho 1987 ndvi centro leste						julho 1987 ndvi centro total						julho 1987 centro oeste					
	var max	pepit	alcan	%var esp	%var pepit	direç	var max	pepit	alcan	%var esp	%var pepit	direç	var max	pepit	alcan	%var esp	%var pepit	
0	40,4	10,5	1140	0,74	0,26	0	168	26	2200	0,85	0,15	0	274	45	750	0,84	0,16	
5	40,1	26,5	1140	0,34	0,66	5	176	87	2150	0,51	0,49	5	275	145	800	0,47	0,53	
10	40,1	24	1020	0,40	0,60	10	185	77	2400	0,58	0,42	10	283	130	800	0,54	0,46	
15	40,1	21,5	1020	0,46	0,54	15	194	62	2500	0,68	0,32	15	296	105	1100	0,65	0,35	
20	40,1	21,5	1040	0,46	0,54	20	201	62	2500	0,69	0,31	20	308	105	1600	0,66	0,34	
25	40,2	17,5	1120	0,56	0,44	25	201	52	2500	0,74	0,26	25	318	85	1600	0,73	0,27	
30	40,2	17,5	1120	0,56	0,44	30	196	48	2350	0,76	0,24	30	331	85	1600	0,74	0,26	
35	40,5	22	1200	0,46	0,54	35	193	48	1500	0,75	0,25	35	341	115	1600	0,66	0,34	
40	41,6	11,5	1580	0,72	0,28	40	197	28	1500	0,86	0,14	40	347	35	1600	0,90	0,10	
45	42,5	12,5	1600	0,71	0,29	45	197	36	1600	0,82	0,18	45	347	60	1600	0,83	0,17	
50	42,3	12,5	1600	0,70	0,30	50	194	47	1400	0,76	0,24	50	342	60	1350	0,82	0,18	
55	40,4	20	1200	0,50	0,50	55	191	48	1300	0,75	0,25	55	344	115	1300	0,67	0,33	
60	40,6	15,5	1300	0,62	0,38	60	192	53	2100	0,72	0,28	60	344	90	1300	0,74	0,26	
65	40,4	15,5	1300	0,62	0,38	65	187	52	2100	0,72	0,28	65	338	90	1200	0,73	0,27	
70	38,3	18,5	1300	0,52	0,48	70	179	66	1700	0,63	0,37	70	333	110	1200	0,67	0,33	
75	37	18,5	1500	0,50	0,50	75	176	66	1700	0,63	0,38	75	320	110	1100	0,66	0,34	
80	37,5	22	1600	0,41	0,59	80	171	75	1700	0,56	0,44	80	312	130	1100	0,58	0,42	
85	38	23		0,39	0,61	85	168	84	1600	0,50	0,50	85	304	145	1100	0,52	0,48	
90	38,1	10	1220	0,74	0,26	90	165	28	1100	0,83	0,17	90	298	45	1050	0,85	0,15	
95	38,4	10	1200	0,74	0,26	95	164	27	1050	0,84	0,16	95	296	45	1000	0,85	0,15	
100	37,5	21,5	1200	0,43	0,57	100	168	77	1700	0,54	0,46	100	299	145	1050	0,52	0,48	
105	38,4	18,5	1220	0,52	0,48	105	172	66	1850	0,62	0,38	105	303	115	1100	0,62	0,38	
110	38,4	18,5	1240	0,52	0,48	110	177	65	2150	0,63	0,37	110	309	115	1100	0,63	0,37	
115	38	16	1200	0,58	0,42	115	181	54	2150	0,70	0,30	115	320	90	1200	0,72	0,28	
120	38	16	1200	0,58	0,42	120	184	54	2150	0,71	0,29	120	322	90	1200	0,72	0,28	
125	39,6	20,5	1500	0,48	0,52	125	187	49	2150	0,74	0,26	125	318	120	1150	0,62	0,38	
130	41,4	13,5	1580	0,67	0,33	130	192	40	2350	0,79	0,21	130	328	65	1000	0,80	0,20	
135	42,5	13,5	1580	0,68	0,32	135	198	40	2400	0,80	0,20	135	309	65	1000	0,79	0,21	
140	42,9	10,5	1500	0,76	0,24	140	209	33	2400	0,84	0,16	140	302	35	1100	0,88	0,12	
145	42,7	21	1400	0,51	0,49	145	213	50	2500	0,77	0,23	145	298	120	1100	0,60	0,40	
150	42,2	18,5	1300	0,56	0,44	150	206	54	2500	0,74	0,26	150	288	95	1000	0,67	0,33	
155	41,8	18,5	1300	0,56	0,44	155	198	55	2400	0,72	0,28	155	289	95	1000	0,67	0,33	
160	41,2	21,5	1320	0,48	0,52	160	194	66	2300	0,66	0,34	160	283	110	900	0,61	0,39	
165	40,2	21,5	1300	0,47	0,53	165	189	67	2500	0,65	0,35	165	278	110	800	0,60	0,40	
170	39,9	23,5	1160	0,41	0,59	170	179	79	2500	0,56	0,44	170	273	135	800	0,51	0,49	
175	40	10,5	1160	0,74	0,26	175	169	26	2200	0,85	0,15	175	273	45	750	0,84	0,16	

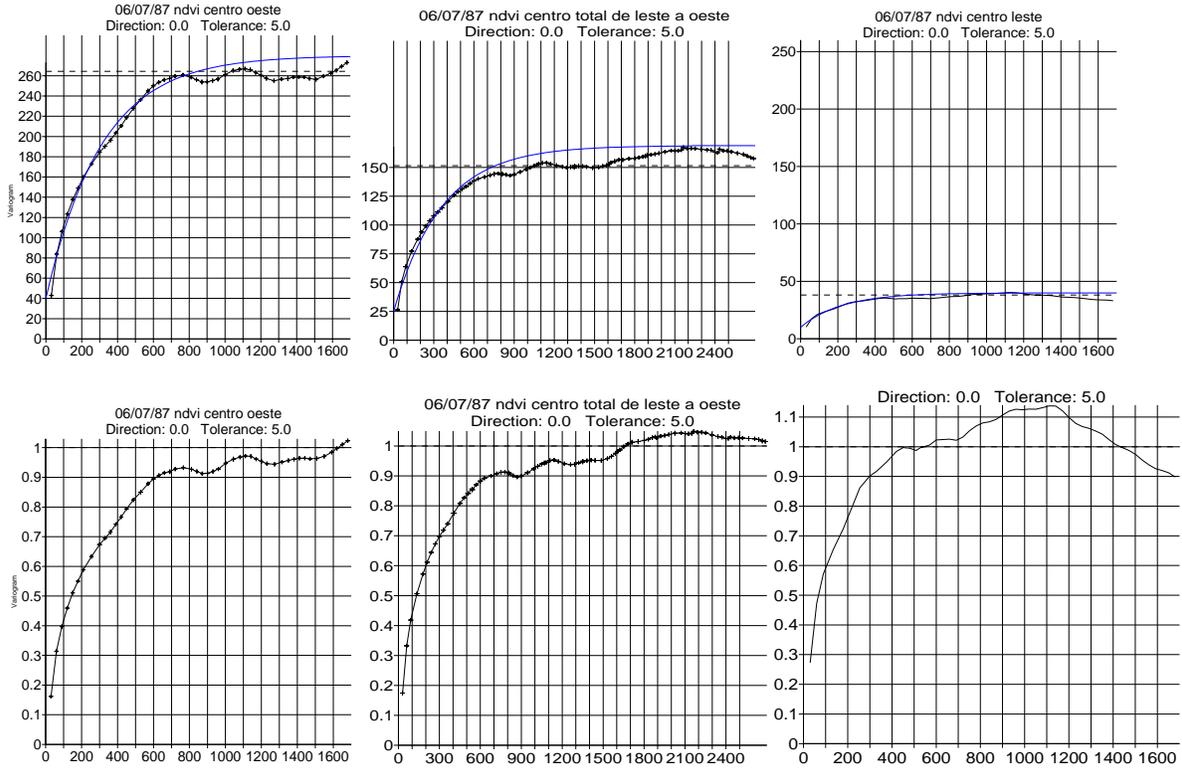


Figura 4.97. Comparações dos variogramas das amostras centro leste, centro oeste e centro total na direção 0°.

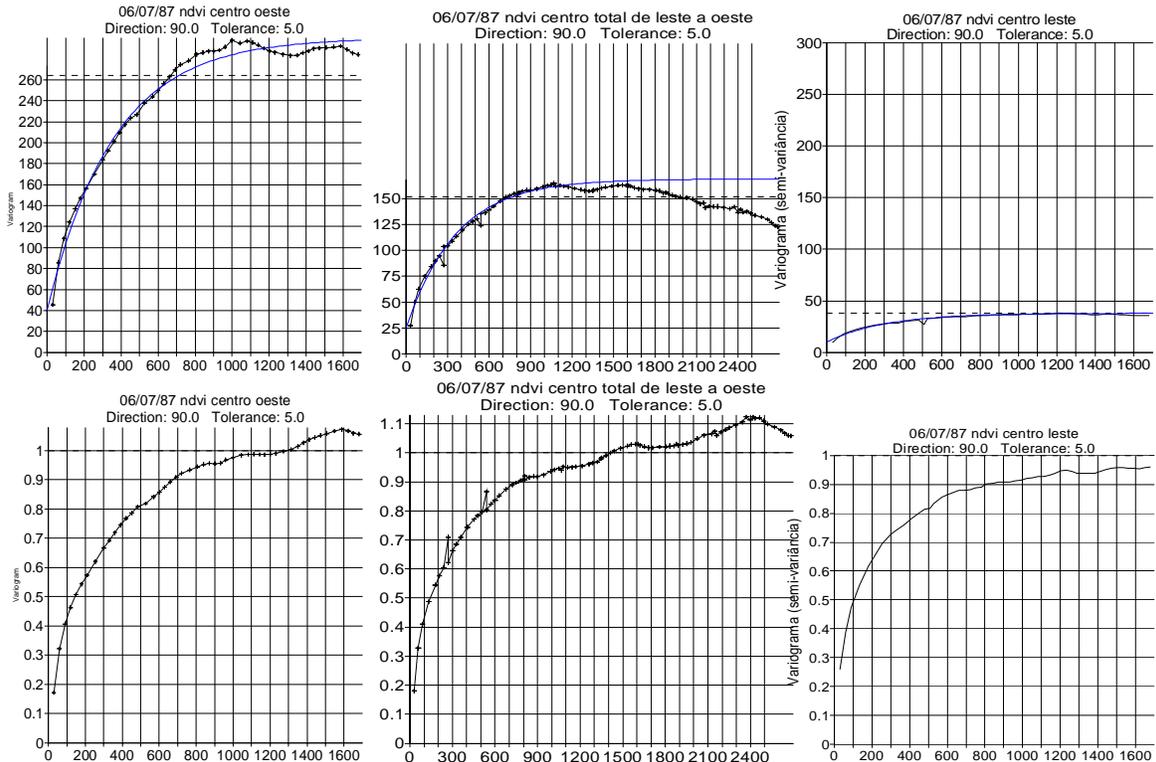


Figura 4.98. Comparações dos variogramas das amostras centro leste, centro oeste e centro total na direção 90°.

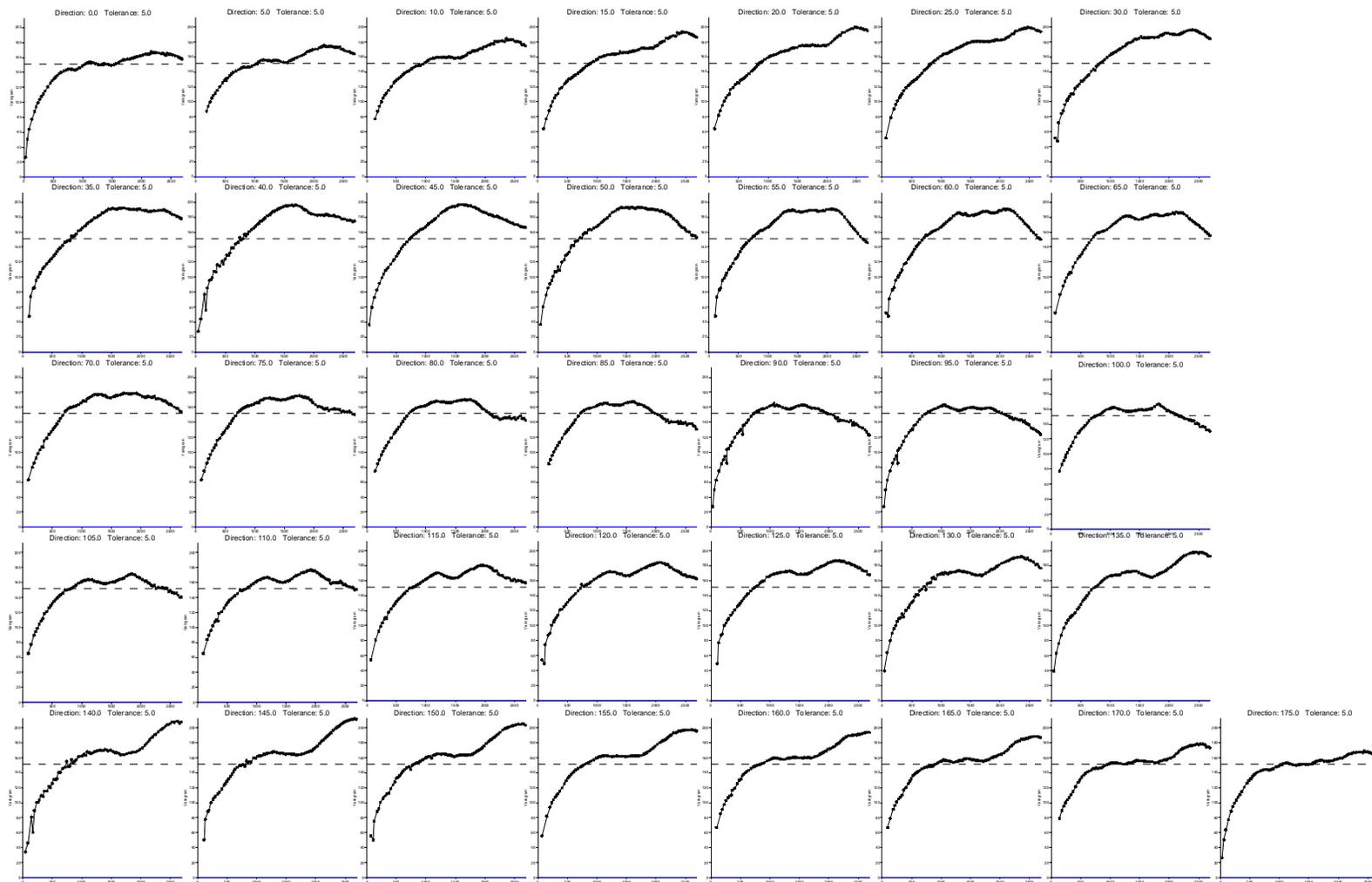


Figura 4.99. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 07/07/87 . Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

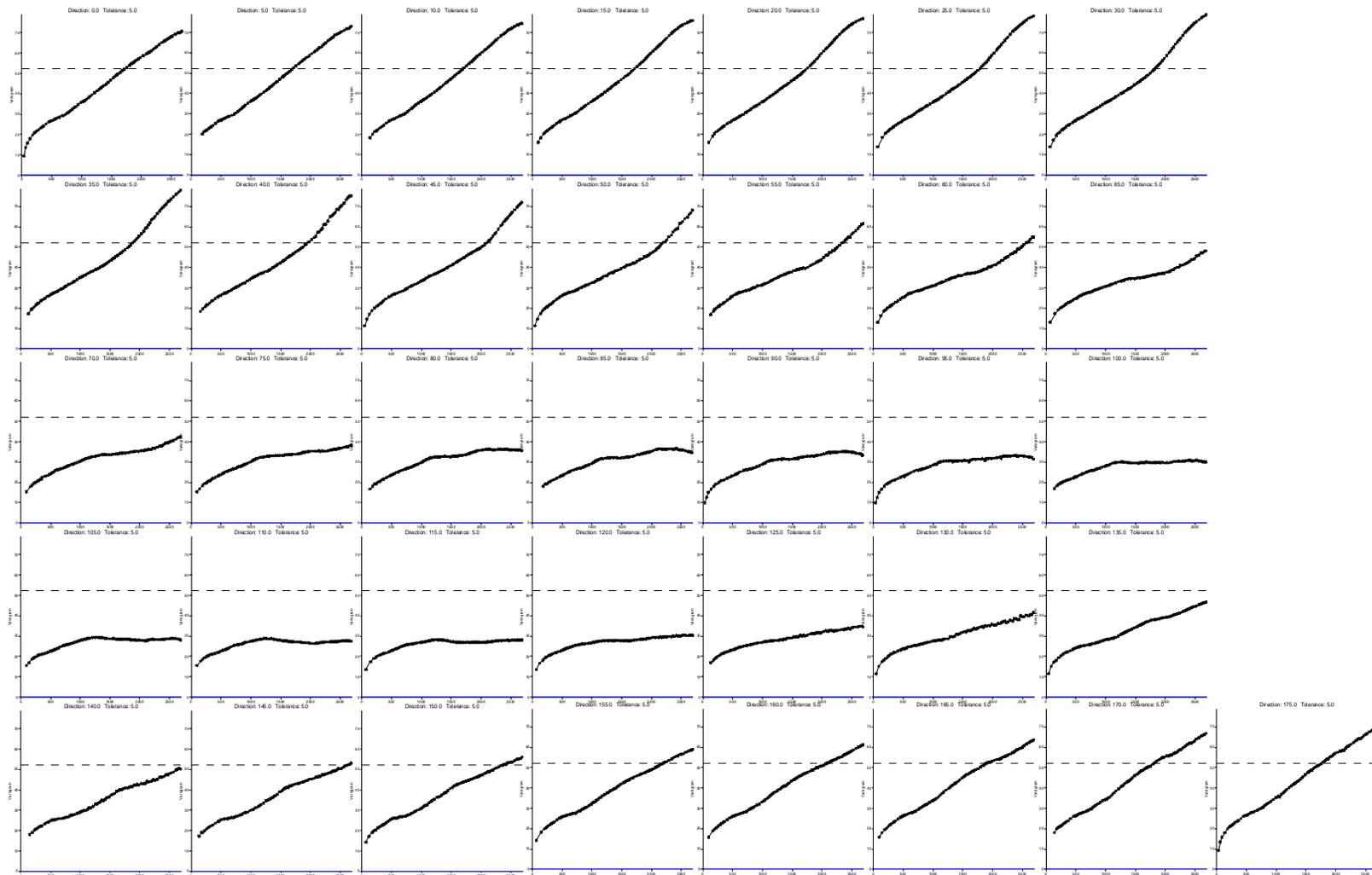


Figura 4.100. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 09/05/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

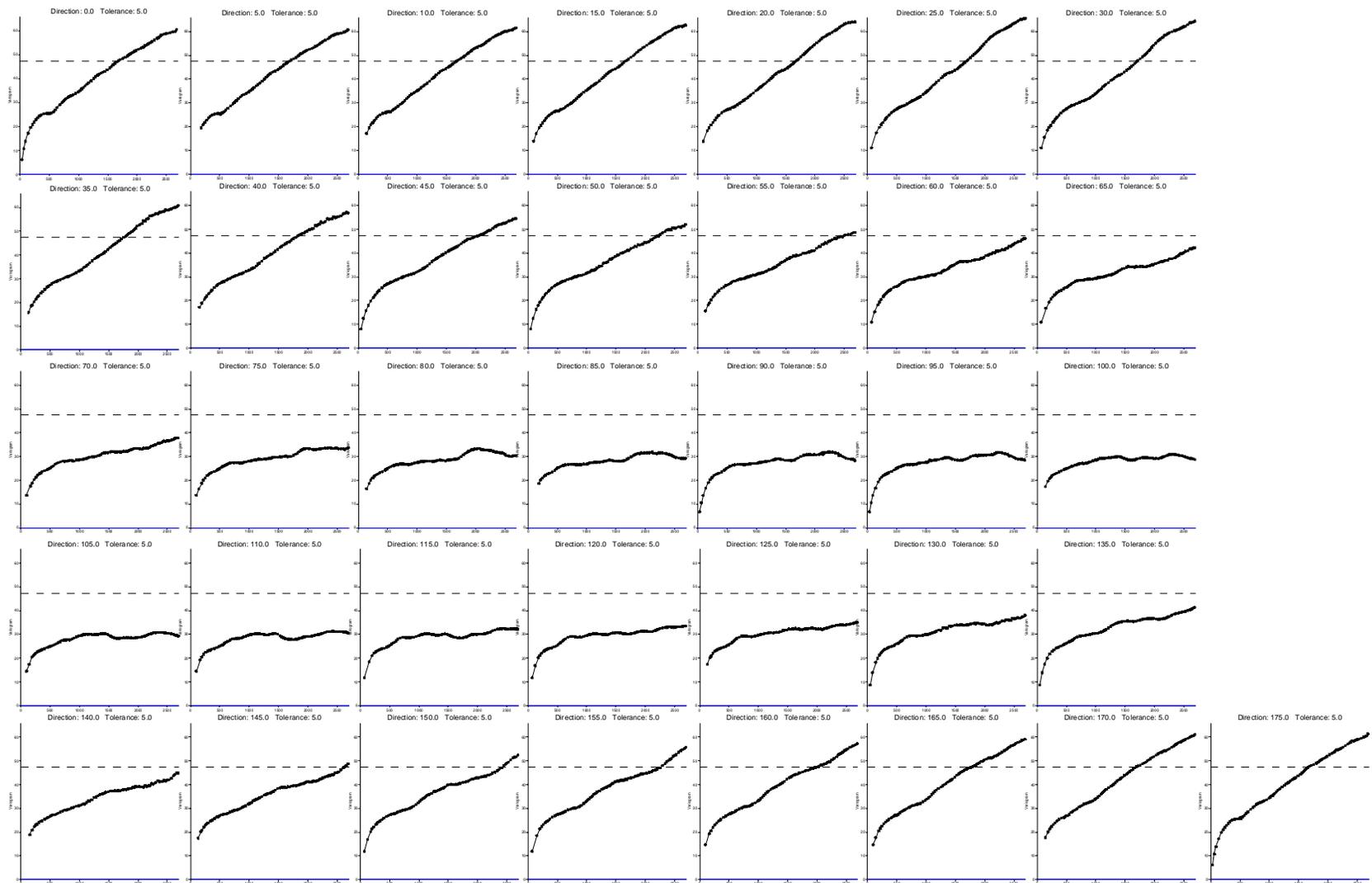


Figura 4.101. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 19/12/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

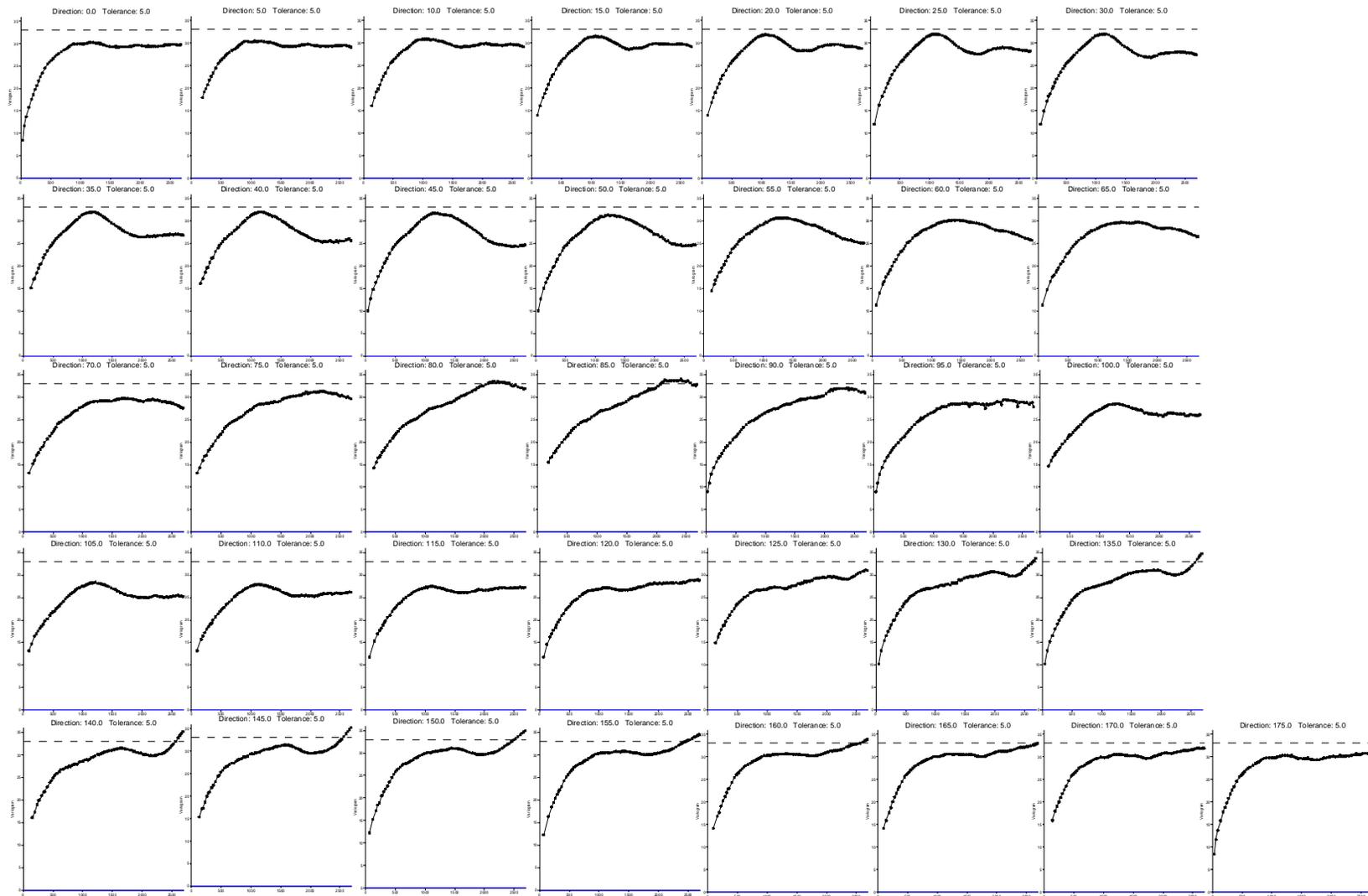


Figura 4.102. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 30/07/96. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

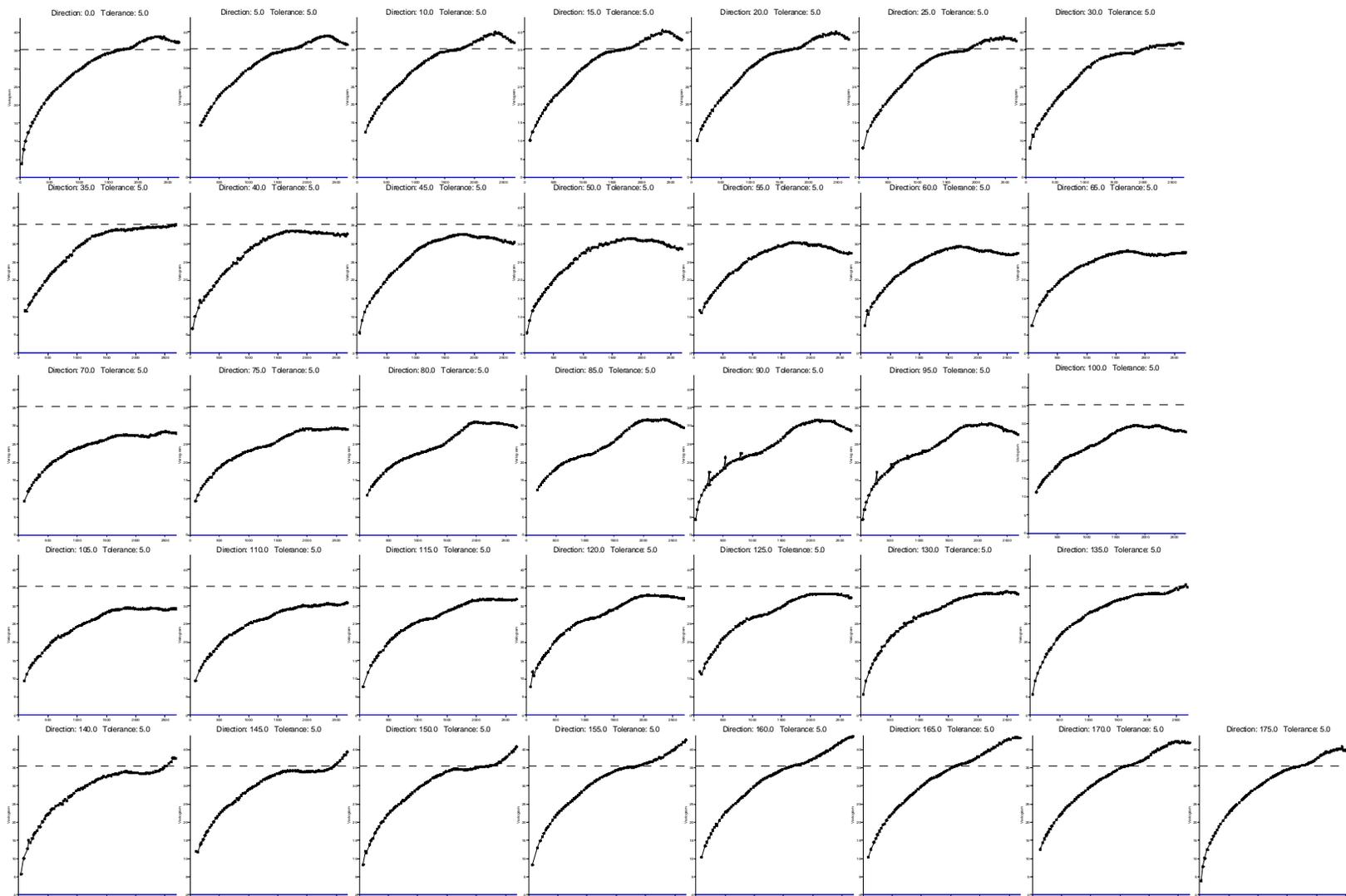


Figura 4.103. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 04/03/97. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

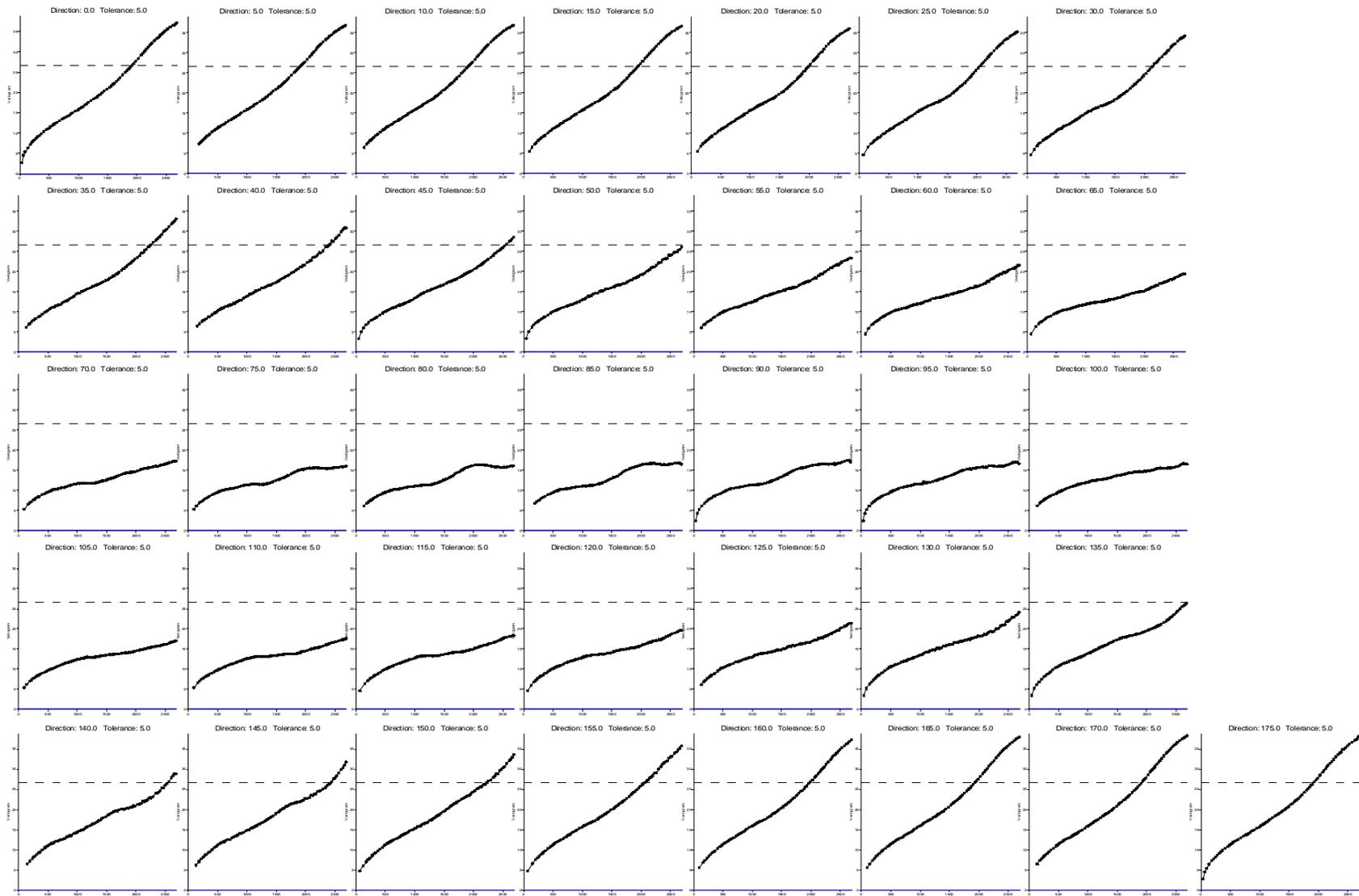


Figura 4.104. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 17/09/99. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

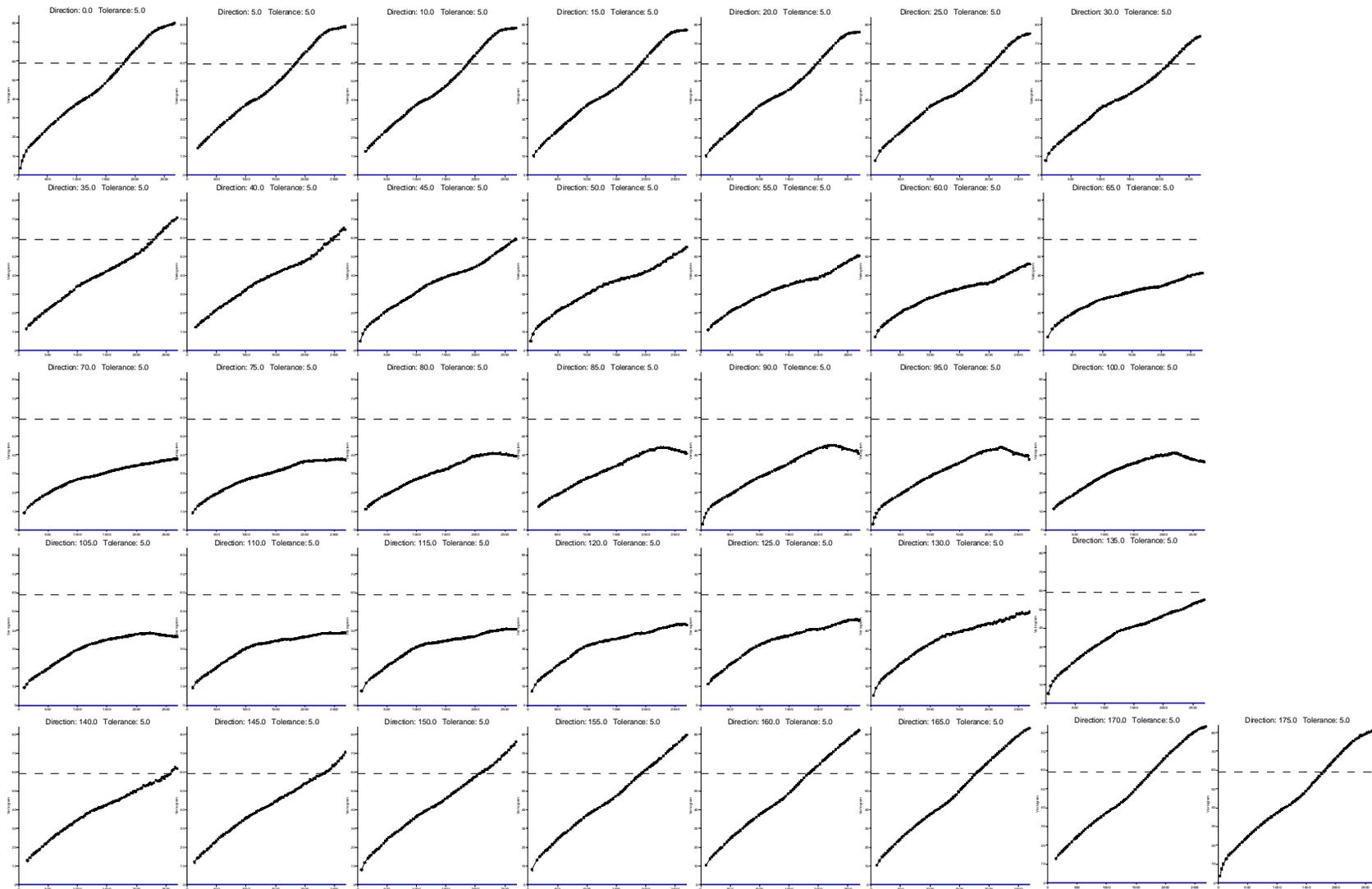


Figura 4.105. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 24/02/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

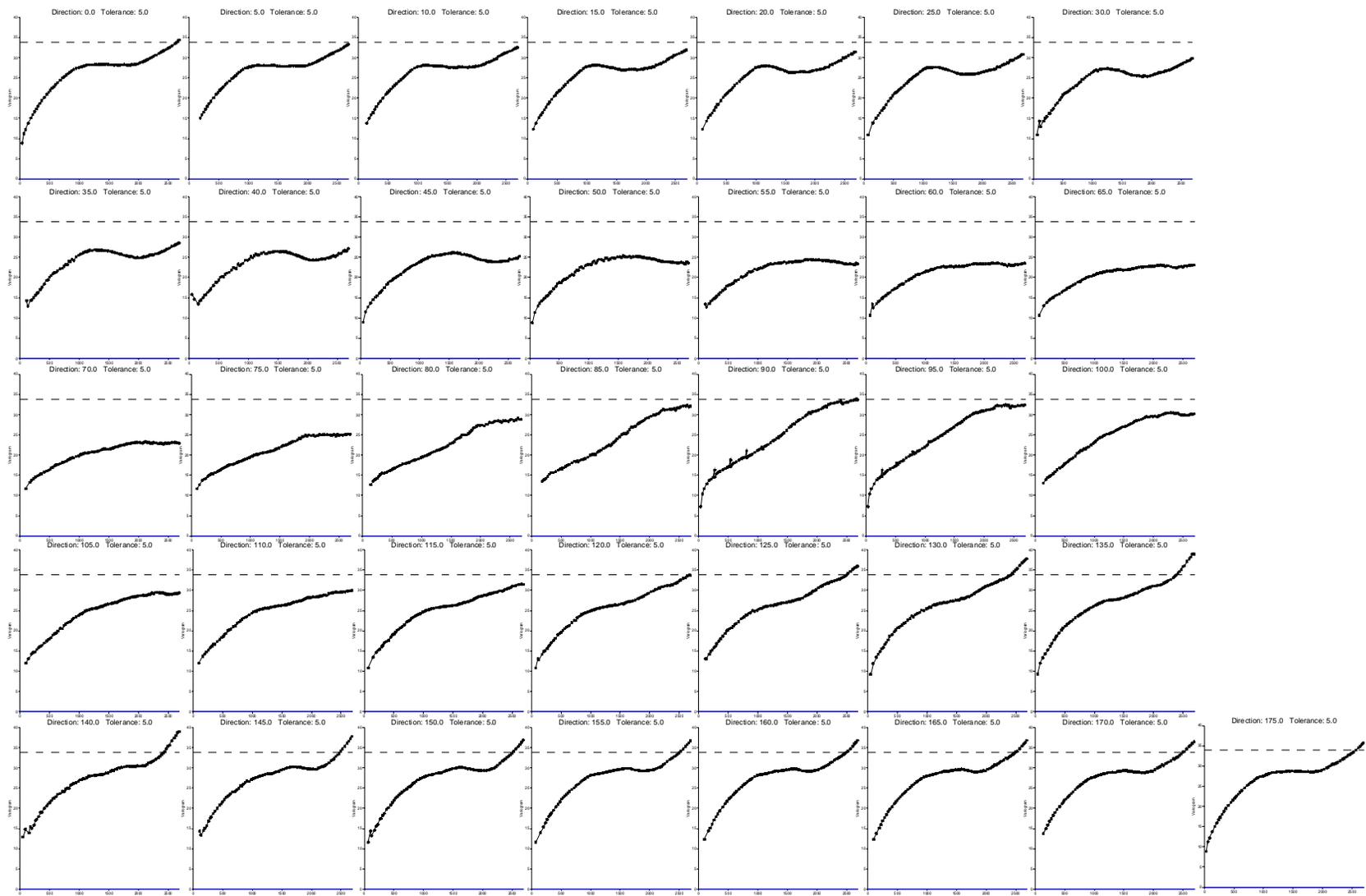


Figura 4.106. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 18/08/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.

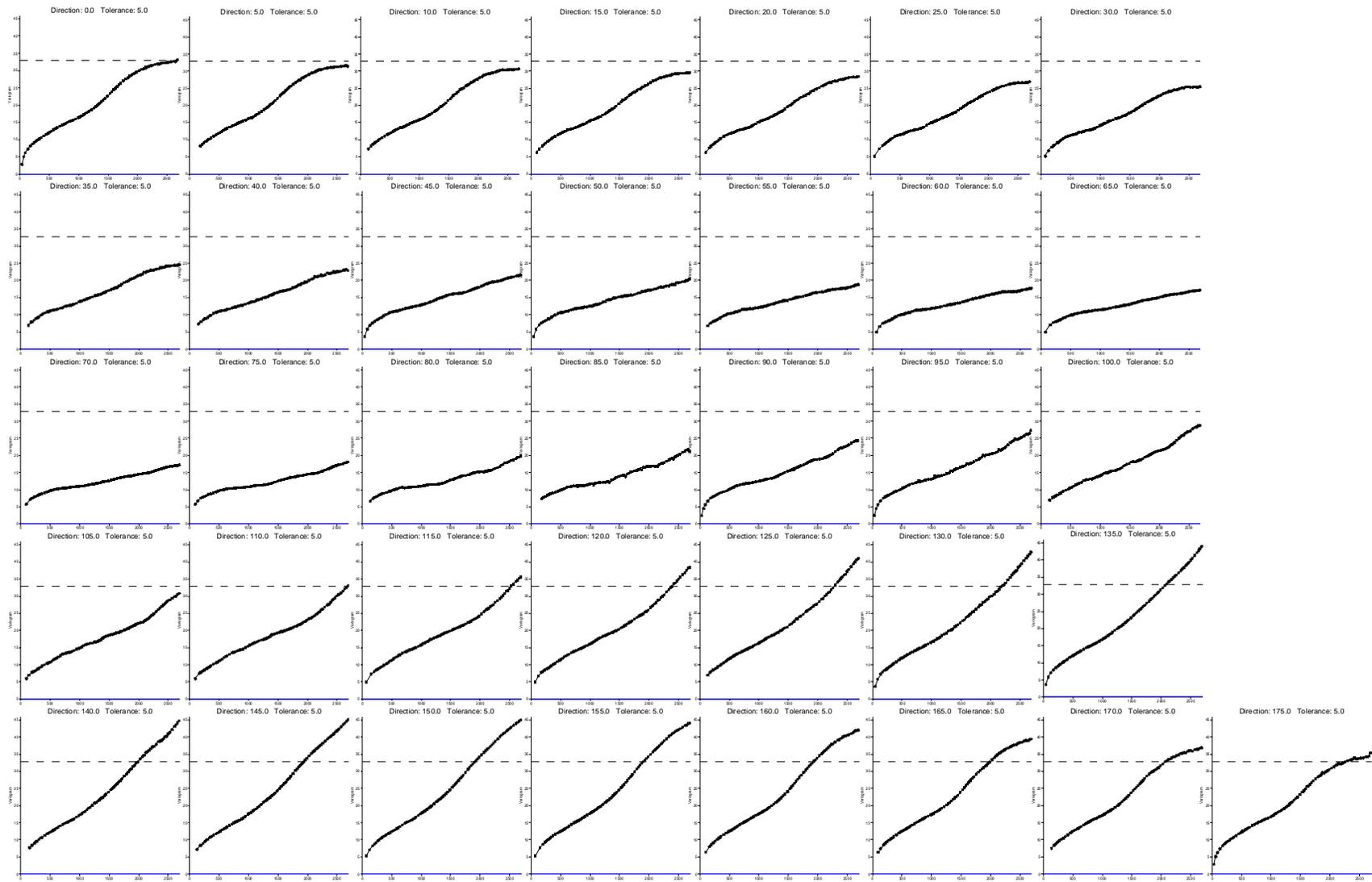


Figura 4.107. . Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 28/01/02. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175°.

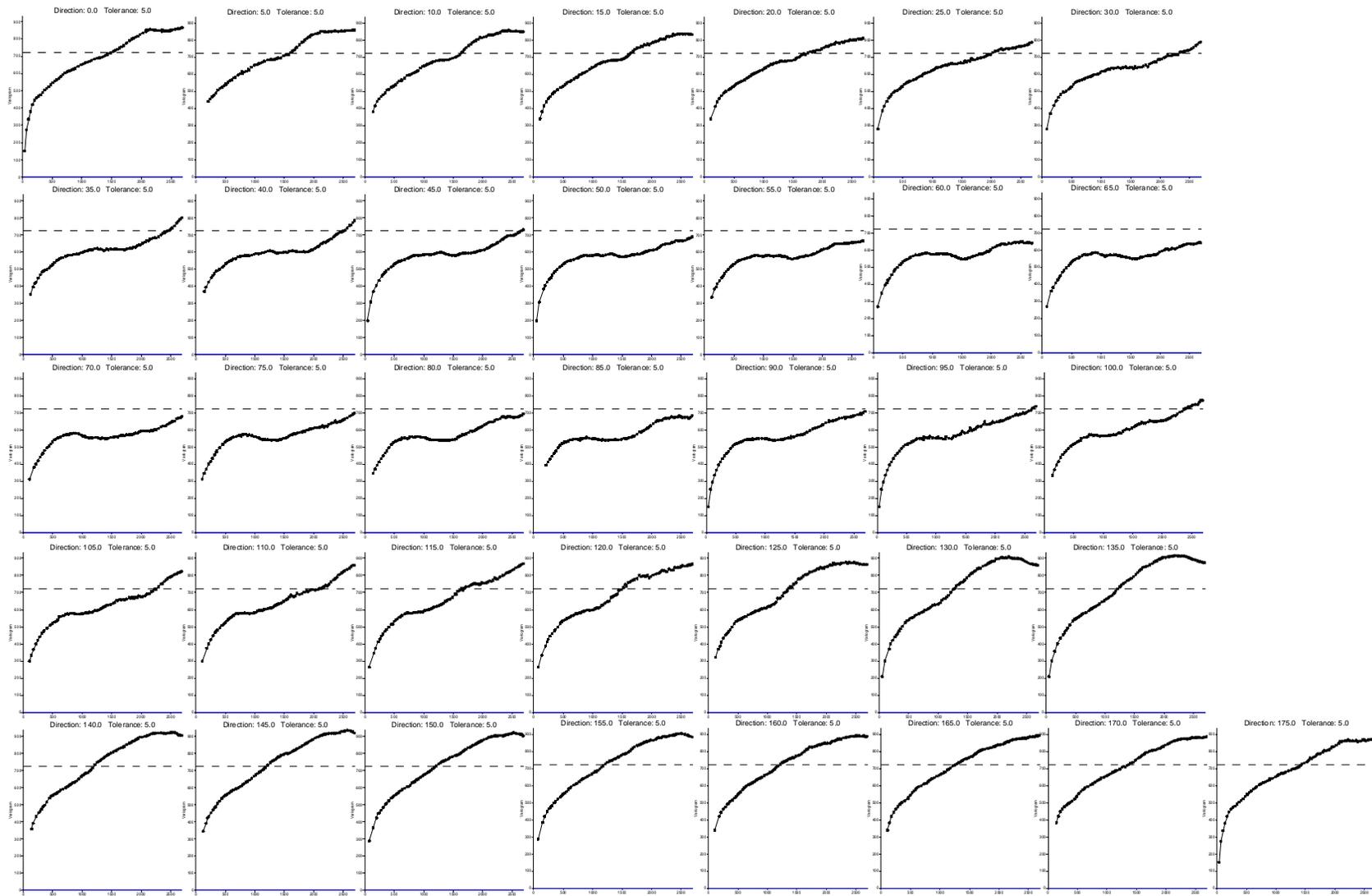
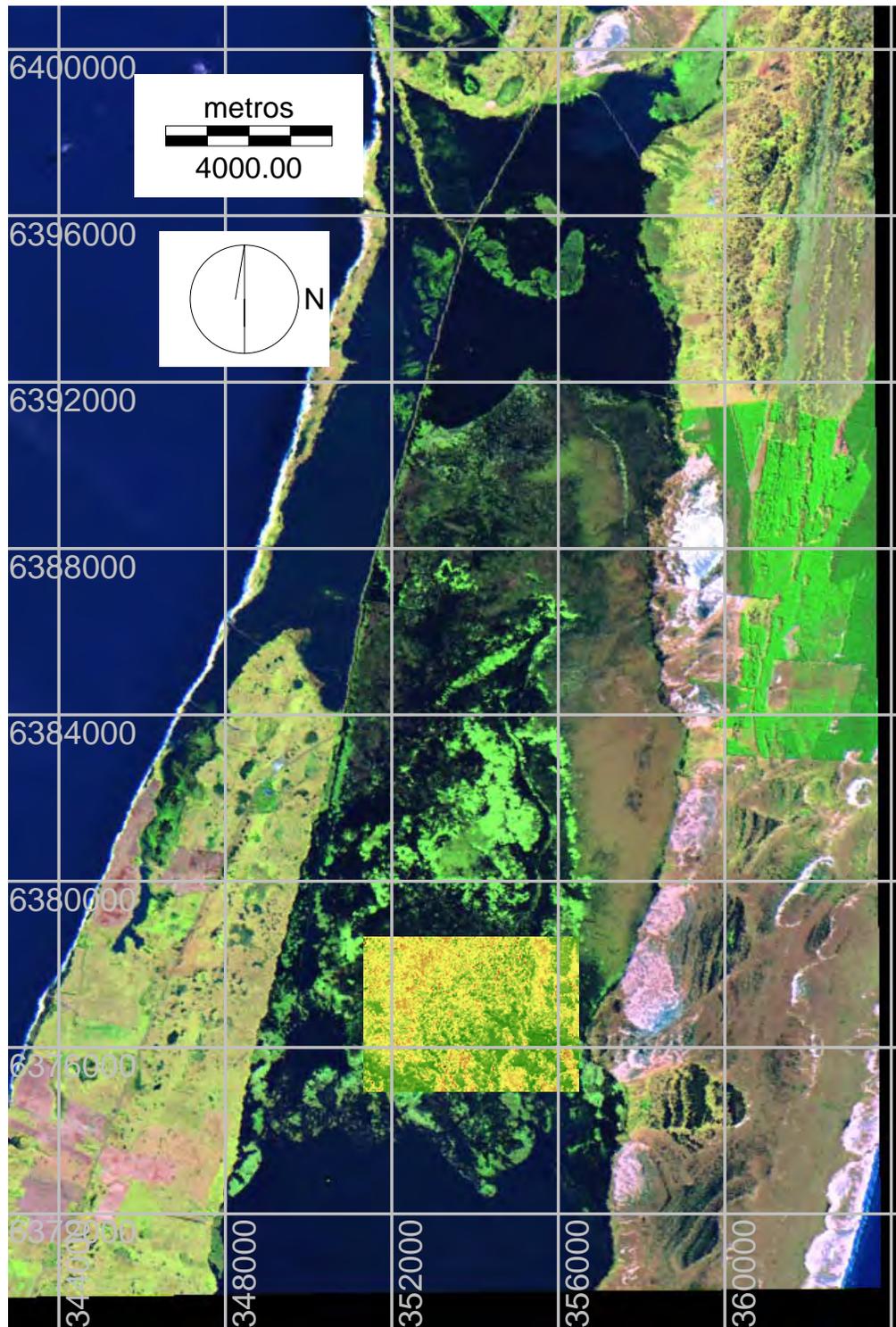


Figura 4.108. Semivariogramas da variável NDVI da janela centro total da imagem de 17/10/03. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



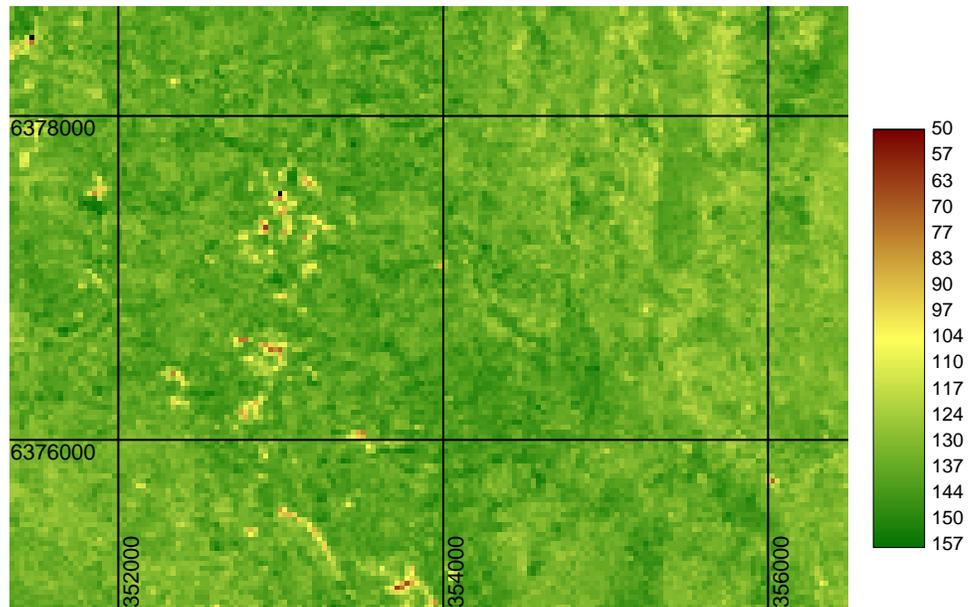
local da amostragem chamado sul

Figura 4.109. Imagem Landsat TM de 17/10/03 e local de amostragem sul para o cálculo do semivariograma.

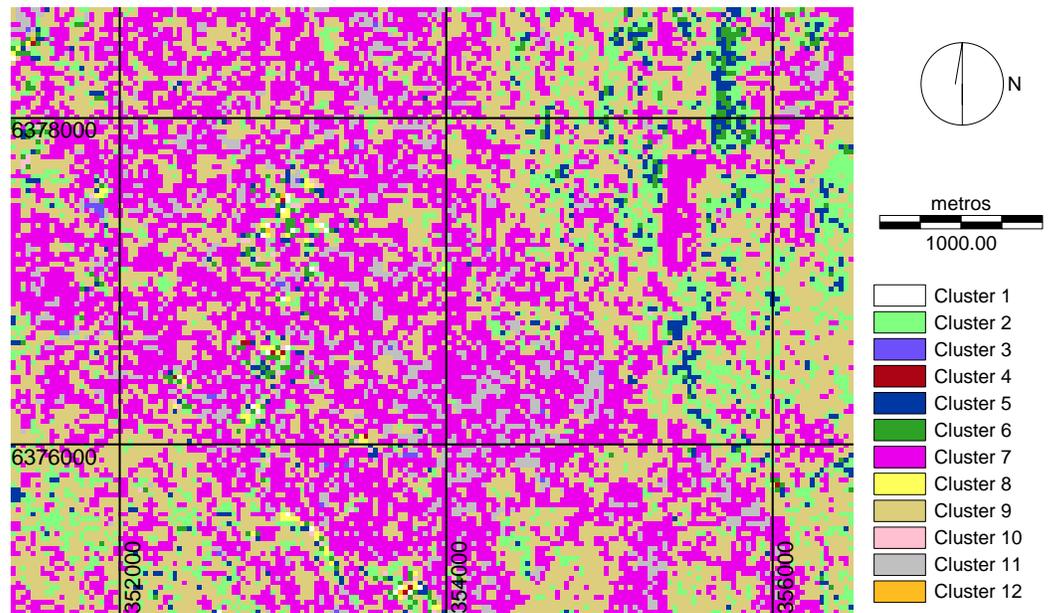
Tabela 4.6. Dados da variografia (semi-variância) máxima, efeito pepita, alcance, % de variação espacial e % de efeito pepita da semi-variância) em todas as direções, para cada data estudada, na área de estudo chamada sul.

dir	9/5/1987					9/5/1995					19/12/1995					30/7/1996					4/3/1997						
	var max	pepita	alcan	%var esp	%var pepita	var max	pepita	alcan	%var esp	%var pepita	var max	pepita	alcan	%var esp	%var pepita	var max	pepita	alcan	%var esp	%var pepita	var max	pepita	alcan	%var esp	%var pepita		
0	51,6	24	1400	0,53	0,47	0	16,4	8	0,51	0,49	0	53,2	12,5	1300	0,77	0,23	0	33,3	11	1550	0,67	0,33	0	22	5,5	0,75	0,25
5	52,3	40	1400	0,24	0,76	5	16,1	12	0,25	0,75	5	49	34	1050	0,31	0,69	5	31,8	22	1450	0,31	0,69	5	22,5	10	0,56	0,44
10	52,5	38	1600	0,28	0,72	10	16	11,4	0,29	0,71	10	45,1	26,5	900	0,41	0,59	10	29,5	19,5	900	0,34	0,66	10	23,5	9	0,62	0,38
15	53,1	36	1500	0,32	0,68	15	16,1	11,1	0,31	0,69	15	41,3	24,5	650	0,41	0,59	15	28,5	18,5	900	0,35	0,65	15	25	8,5	0,66	0,34
20	53,3	36	1500	0,32	0,68	20	16,4	11,2	0,32	0,68	20	38,8	24	650	0,38	0,62	20	26	18,5	800	0,29	0,71	20	27	8,5	0,69	0,31
25	54,4	31,5	1750	0,42	0,58	25	16,6	9,7	0,42	0,58	25	37,1	16	700	0,57	0,43	25	28	14,2	1700	0,49	0,51	25	30	7,5	0,75	0,25
30	55,8	31,5	1900	0,44	0,56	30	16,9	9,8	0,42	0,58	30	38,8	16	1700	0,59	0,41	30	29	14,2	1750	0,51	0,49	30	32,5	7,5	0,77	0,23
35	56	32	1800	0,43	0,57	35	16,5	11,3	0,32	0,68	35	40	23	1700	0,43	0,58	35	30,5	18	1800	0,41	0,59	35	35,5	9	0,75	0,25
40	55,9	24	1850	0,57	0,43	40	16,1	11,5	0,29	0,71	40	41,5	25	1900	0,40	0,60	40	31,5	19	1800	0,40	0,60	40	38,2	4,1	0,89	0,11
45	54,4	24,5	1750	0,55	0,45	45	15,8	8,2	0,48	0,52	45	44,7	12		0,73	0,27	45	32	11	1900	0,66	0,34	45	41,4	5,9	0,86	0,14
50	53,4	24,5	1750	0,54	0,46	50	15,3	8,2	0,46	0,54	50	46,5	12		0,74	0,26	50	33	11		0,67	0,33	50	44,5	5,9	0,87	0,13
55	52,3	36,5	1800	0,30	0,70	55	15	11,2	0,25	0,75	55	48,1	21,5		0,55	0,45	55	33	17		0,48	0,52	55	47,2	9	0,81	0,19
60	52,5	32	2000	0,39	0,61	60	14,6	9,5	0,35	0,65	60	49,5	15		0,70	0,30	60	32,9	13		0,60	0,40	60	49,4	7,5	0,85	0,15
65	52,9	32	2000	0,40	0,60	65	14,5	9,5	0,34	0,66	65	50,3	15		0,70	0,30	65	32,5	13		0,60	0,40	65	51,6	7,5	0,85	0,15
70	52,7	34,5		0,35	0,65	70	14,4	11,1	0,23	0,77	70	49,9	21,5		0,57	0,43	70	32,5	16,5		0,49	0,51	70	53,9	9	0,83	0,17
75	52,7	35		0,34	0,66	75	14,5	10,9	0,25	0,75	75	50,1	20,9		0,58	0,42	75	32,5	16		0,51	0,49	75	55,3	8,5	0,85	0,15
80	50,6	36		0,29	0,71	80	15,4	11	0,29	0,71	80	52,5	22		0,58	0,42	80	32,8	16,5		0,50	0,50	80	55,7	9	0,84	0,16
85	48,3	38	2000	0,21	0,79	85	15,7	11,5	0,27	0,73	85	54,6	28		0,49	0,51	85	32,8	19		0,42	0,58	85	56,1	10	0,82	0,18
90	47,7	24	2000	0,50	0,50	90	15,5	7,8	0,50	0,50	90	56	11,5		0,79	0,21	90	33,3	10		0,70	0,30	90	56,3	5,5	0,90	0,10
95	46,5	24	1900	0,48	0,52	95	15,5	7,8	0,50	0,50	95	57,7	11,5		0,80	0,20	95	33,5	10		0,70	0,30	95	55,2	5,5	0,90	0,10
100	46,9	35	1950	0,25	0,75	100	15,3	11	0,28	0,72	100	59,8	22		0,63	0,37	100	33,7	16		0,53	0,47	100	53,5	9	0,83	0,17
105	47,3	34		0,28	0,72	105	14,9	10,8	0,28	0,72	105	61,6	20,5		0,67	0,33	105	34,4	15,5		0,55	0,45	105	51,2	8,5	0,83	0,17
110	46,9	33,5		0,29	0,71	110	14,6	10,8	0,26	0,74	110	61,7	20,8		0,66	0,34	110	34,1	15,5		0,55	0,45	110	48,6	8,5	0,83	0,17
115	48	30	1200	0,38	0,63	115	14,6	9	0,38	0,62	115	61,1	12,5		0,80	0,20	115	33	12		0,64	0,36	115	45,1	6,5	0,86	0,14
120	47,7	30	1200	0,37	0,63	120	14,7	9,1	0,38	0,62	120	61	12,8		0,79	0,21	120	32	12		0,63	0,38	120	41,2	6,5	0,84	0,16
125	47,3	34,5	1350	0,27	0,73	125	14,9	10,9	0,27	0,73	125	60,6	21,5		0,65	0,35	125	31	16,5		0,47	0,53	125	37,3	8,5	0,77	0,23
130	48,2	23	1600	0,52	0,48	130	14,9	7,5	0,50	0,50	130	60	11		0,82	0,18	130	30,5	10		0,67	0,33	130	33,5	5	0,85	0,15
135	49,5	23,5	1650	0,53	0,47	135	15,2	7,5	0,51	0,49	135	59,2	11		0,81	0,19	135	31,2	10		0,68	0,32	135	30	5	0,83	0,17
140	50,1	29,5	1700	0,41	0,59	140	15,7	11,2	0,29	0,71	140	57,8	26		0,55	0,45	140	32	18		0,44	0,56	140	26,5	4,5	0,83	0,17
145	49,6	36	1700	0,27	0,73	145	15,9	10,8	0,32	0,68	145	56,4	24		0,57	0,43	145	31,2	17,5		0,44	0,56	145	24,1	8,5	0,65	0,35
150	49	31,5	1700	0,36	0,64	150	16,6	9,3	0,44	0,56	150	55	16,5		0,70	0,30	150	30,5	13,5		0,56	0,44	150	22,5	7	0,69	0,31
155	49	31,5	1700	0,36	0,64	155	17,5	9,2	0,47	0,53	155	53,7	16,5		0,69	0,31	155	30,5	13,5		0,56	0,44	155	21,5	7	0,67	0,33
160	49	35,5	1550	0,28	0,72	160	17,6	11	0,38	0,63	160	52,1	25		0,52	0,48	160	31	18		0,42	0,58	160	21	9	0,57	0,43
165	49,4	36,5	1500	0,26	0,74	165	17,3	11	0,36	0,64	165	50,3	25		0,50	0,50	165	31,2	18		0,42	0,58	165	21,3	8,5	0,60	0,40
170	49,9	37	1500	0,26	0,74	170	16,9	11,1	0,34	0,66	170	48,1	27	2000	0,44	0,56	170	31,5	19		0,40	0,60	170	21,9	9	0,59	0,41
175	50,6	24	1450	0,53	0,47	175	16,6	7,8	0,53	0,47	175	50,2	12,5	1100	0,75	0,25	175	32,5	11	1550	0,66	0,34	175	21,9	9,5	0,57	0,43

17/9/1999						24/2/2000						18/8/2000						28/1/2002						17/10/2003										
dir	var	max	pepit	alcan	%var	%var	dir	var	max	pepit	alcan	%var	%var	dir	var	max	pepit	alcan	%var	%var	dir	var	max	pepit	alcan	%var	%var	dir	var	max	pepit	alcan	%var	%var
0	42,5	11			0,74	0,26	0	29,5	7,2	1550	0,76	0,24	0	34,1	15	1450	0,56	0,44	0	27,1	10			0,63	0,37	0	595	255	0,57	0,43				
5	40	31	1200		0,23	0,78	5	29	19	1500	0,34	0,66	5	30	24,2	1450	0,19	0,81	5	26,2	20			0,24	0,76	5	595	440	0,26	0,74				
10	38	25	450		0,34	0,66	10	28	16,5	1500	0,41	0,59	10	28,5	22,5	1200	0,21	0,79	10	24,5	18			0,27	0,73	10	575	395	0,31	0,69				
15	37	23	450		0,38	0,62	15	27,5	15,5	1500	0,44	0,56	15	27,5	22	500	0,20	0,80	15	22	17,5	450		0,20	0,80	15	555	385	1900	0,31	0,69			
20	36	23	450		0,36	0,64	20	27,5	14,7	1500	0,47	0,53	20	27,5	21,9	550	0,20	0,80	20	22	17,5	550		0,20	0,80	20	530	370	900	0,30	0,70			
25	35	16	550		0,54	0,46	25	27,2	12,2	1400	0,55	0,45	25	27	18,5	550	0,31	0,69	25	22,2	14,5	550		0,35	0,65	25	495	330	900	0,33	0,67			
30	35	16	600		0,54	0,46	30	27	12,2	1400	0,55	0,45	30	28,5	18,5	1700	0,35	0,65	30	22,2	14,5	550		0,35	0,65	30	500	330	900	0,34	0,66			
35	34	22	650		0,35	0,65	35	27	15	1400	0,44	0,56	35	30	22	1800	0,27	0,73	35	22	17,8	550		0,19	0,81	35	500	380	950	0,24	0,76			
40	34	24	650		0,29	0,71	40	26,5	17,2	1400	0,35	0,65	40	30	9,5	1800	0,68	0,32	40	22	17,5	550		0,20	0,80	40	515	390	1150	0,24	0,76			
45	34	10,5	650		0,69	0,31	45	25,5	8,3	1450	0,67	0,33	45	29	14,5	1800	0,50	0,50	45	22	9,8	650		0,55	0,45	45	545	250	1150	0,54	0,46			
50	35,5	10,5			0,70	0,30	50	25	8,3	1300	0,67	0,33	50	30	14,5		0,52	0,48	50	22	9,8	650		0,55	0,45	50	550	250	2100	0,55	0,45			
55	38	21			0,45	0,55	55	26,2	14,5		0,45	0,55	55	30,5	22		0,28	0,72	55	22	17,5	650		0,20	0,80	55	570	370		0,35	0,65			
60	39,5	14,5			0,63	0,37	60	27,2	11,7		0,57	0,43	60	30,8	18		0,42	0,58	60	22	13,7	650		0,38	0,62	60	585	319		0,45	0,55			
65	43	14,5			0,66	0,34	65	28	11,7		0,58	0,42	65	30,9	18,2		0,41	0,59	65	22,5	13,7	1150		0,39	0,61	65	580	319		0,45	0,55			
70	48,5	19,5			0,60	0,40	70	29	13,4		0,54	0,46	70	31,3	21,5		0,31	0,69	70	24	17			0,29	0,71	70	585	345		0,41	0,59			
75	52,1	19,5			0,63	0,37	75	30,8	14		0,55	0,45	75	33,6	21		0,38	0,63	75	26	16,7			0,36	0,64	75	615	355		0,42	0,58			
80	54,2	20			0,63	0,37	80	32,8	14,5		0,56	0,44	80	36,3	21,8		0,40	0,60	80	27,5	16,2			0,41	0,59	80	644	365		0,43	0,57			
85	55,4	24			0,57	0,43	85	33,3	16,5		0,50	0,50	85	38	24,1		0,37	0,63	85	27,8	17,8			0,36	0,64	85	665	415		0,38	0,62			
90	58,3	9,5			0,84	0,16	90	32,7	7,3		0,78	0,22	90	40,1	13,5		0,66	0,34	90	28	9			0,68	0,32	90	689	240		0,65	0,35			
95	60,3	9,5			0,84	0,16	95	32,4	7,3		0,77	0,23	95	41,1	13,5		0,67	0,33	95	28,9	9			0,69	0,31	95	691	240		0,65	0,35			
100	61,1	20			0,67	0,33	100	32,6	14,7		0,55	0,45	100	41,6	21,2		0,49	0,51	100	29,4	16,8			0,43	0,57	100	684	355		0,48	0,52			
105	62,3	19,5			0,69	0,31	105	32,2	13,7		0,57	0,43	105	42,1	20		0,52	0,48	105	30,1	16,1			0,47	0,53	105	685	340		0,50	0,50			
110	62,9	19,5			0,69	0,31	110	32,1	12,7		0,60	0,40	110	42,5	20		0,53	0,47	110	30,2	16			0,47	0,53	110	676	330		0,51	0,49			
115	62,5	11,5			0,82	0,18	115	32,9	10		0,70	0,30	115	42,5	16		0,62	0,38	115	30,3	12,2			0,60	0,40	115	655	305		0,53	0,47			
120	61,9	11,5			0,81	0,19	120	33,4	10,3		0,69	0,31	120	42,6	16		0,62	0,38	120	30,2	12,3			0,59	0,41	120	654	305		0,53	0,47			
125	61,2	20			0,67	0,33	125	33,3	13,5		0,59	0,41	125	42,8	21		0,51	0,49	125	29,8	16,2			0,46	0,54	125	670	340		0,49	0,51			
130	60,3	9,5			0,84	0,16	130	32,3	7		0,78	0,22	130	42,5	13		0,69	0,31	130	29,1	8,5			0,71	0,29	130	663	245		0,63	0,37			
135	59,6	9,5			0,84	0,16	135	30	7		0,77	0,23	135	42,4	12,8		0,70	0,30	135	28,8	8,5			0,70	0,30	135	648	245		0,62	0,38			
140	58,7	24,5			0,58	0,42	140	28	16		0,43	0,57	140	42,3	9,5		0,78	0,22	140	28,8	17,2			0,40	0,60	140	646	365		0,43	0,57			
145	56,8	21,5			0,62	0,38	145	28	14		0,50	0,50	145	41,4	22,1		0,47	0,53	145	28	16,5			0,41	0,59	145	650	360		0,45	0,55			
150	54,3	15			0,72	0,28	150	28,8	11		0,62	0,38	150	40,2	17,8		0,56	0,44	150	27,8	13			0,53	0,47	150	645	320		0,50	0,50			
155	51,9	15			0,71	0,29	155	28,9	11		0,62	0,38	155	38,8	17,8		0,54	0,46	155	27,5	13			0,53	0,47	155	630	320		0,49	0,51			
160	49,5	22,5			0,55	0,45	160	28,5	13,7		0,52	0,48	160	37,5	21,2		0,43	0,57	160	27	16,8			0,38	0,62	160	609	355		0,42	0,58			
165	47	22,5			0,52	0,48	165	28,2	14,7		0,48	0,52	165	36,2	22,2		0,39	0,61	165	27,2	17			0,38	0,63	165	599	375		0,37	0,63			
170	45	24			0,47	0,53	170	28,2	15,7		0,44	0,56	170	34,3	23		0,33	0,67	170	26,7	17,4			0,35	0,65	170	595	385		0,35	0,65			
175	43	11,5			0,73	0,27	175	29	8,2		0,72	0,28	175	32,8	15		0,54	0,46	175	26,8	10			0,63	0,37	175	590	255		0,57	0,43			



06/07/87 NDVI transf sul



06/07/87Agrup NDVI transf sul

Agru	Clu 12	Clu 4	Clu 10	Clu 6	Clu 5	Clu 2	Clu 9	Clu 7	Clu 11	Clu 3	Clu 8
NDVI	46 - 63	64 - 78	96 - 111	112 - 119	120 - 123	124 - 128	129 - 135	136 - 143	144 - 151	152 - 163	12 - 171
N° píxeis	224	813	5.929	29.065	64.833	248.899	1.036.862	1.270.236	205.449	4.592	4.592

Figura 4.110 - Local de amostragem sul em 06/07/87. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado). .

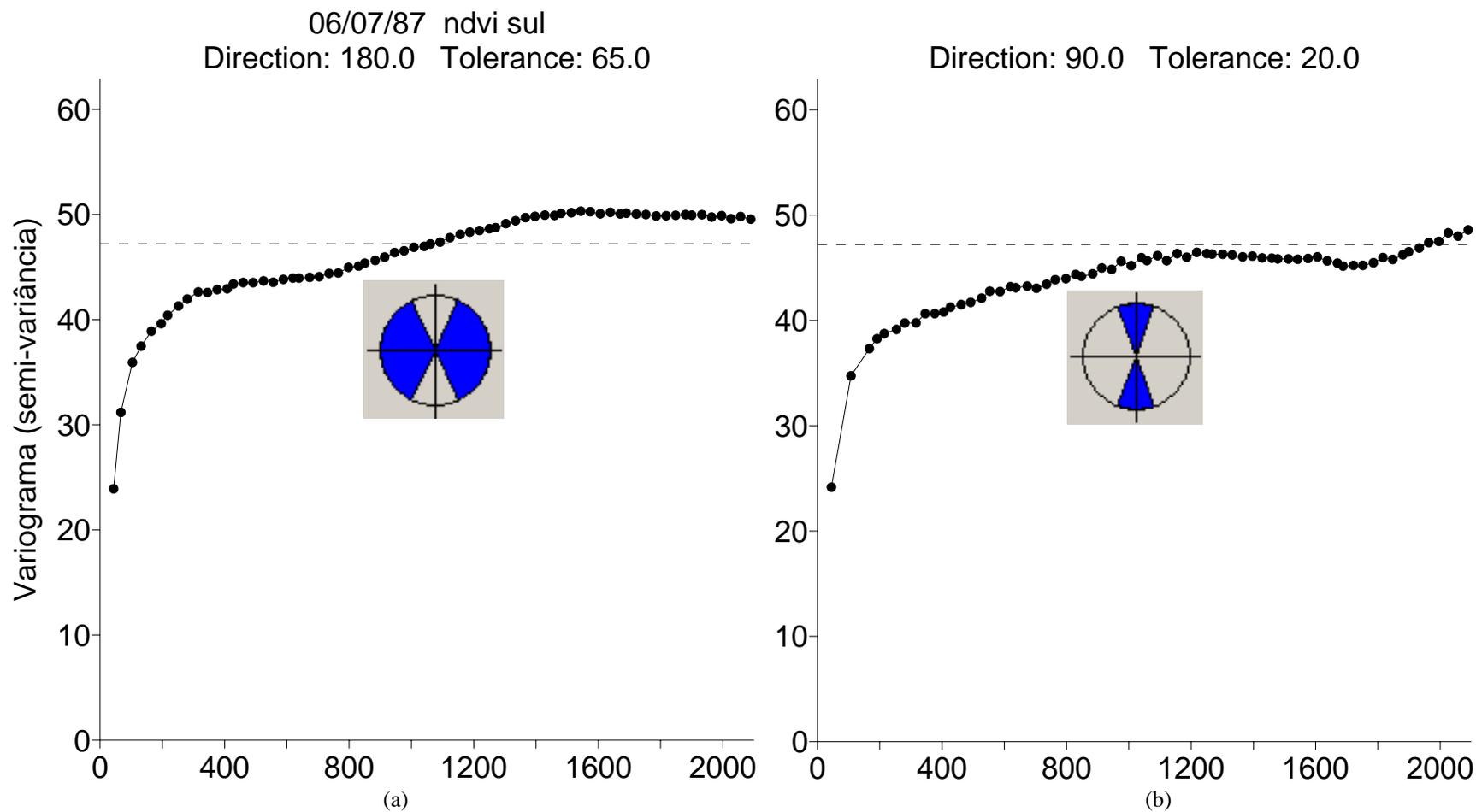


Figura 4.111 - Variogramas da janela sul na data de 06/07/87. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

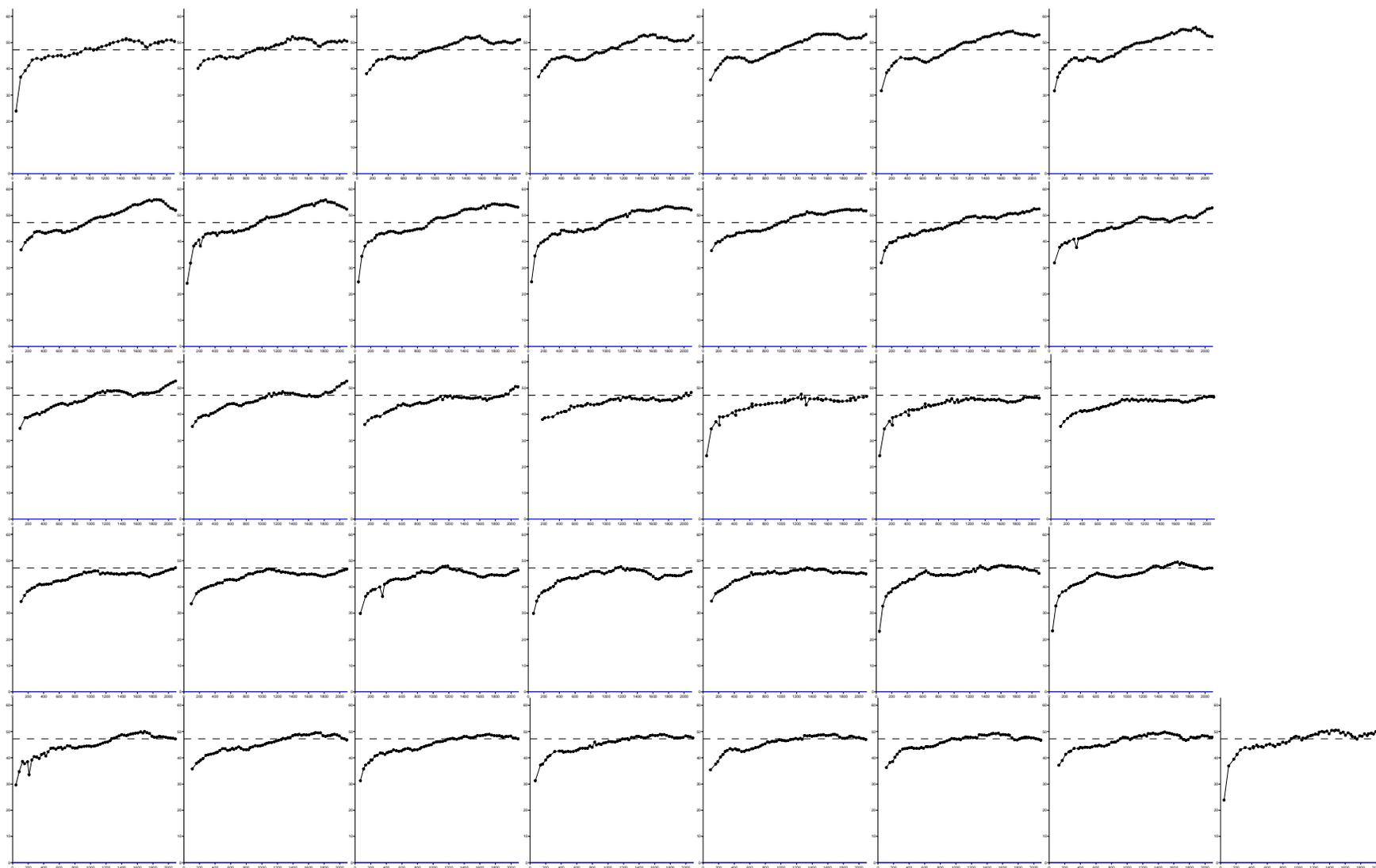
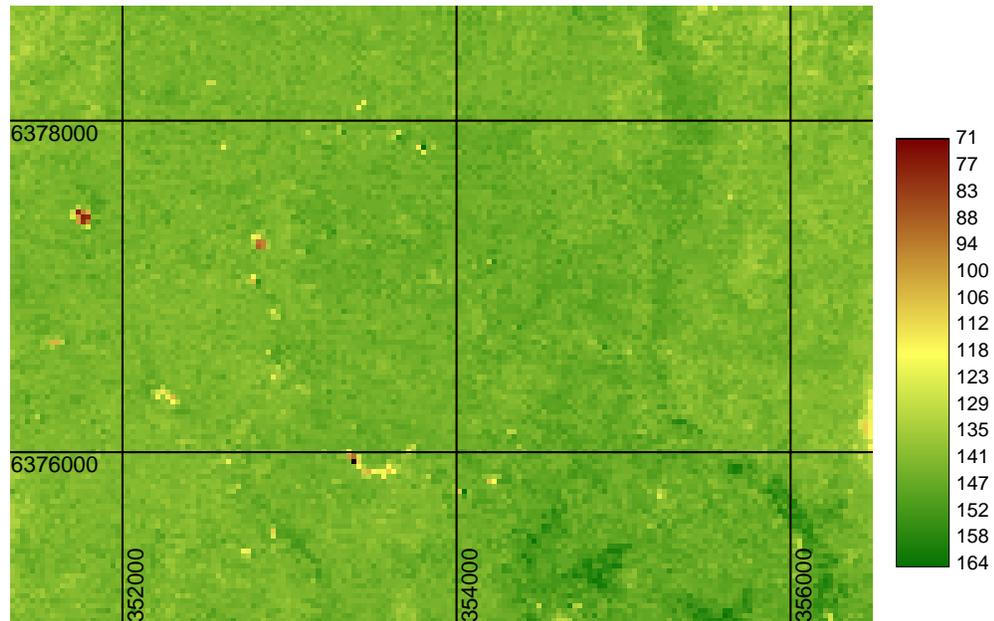
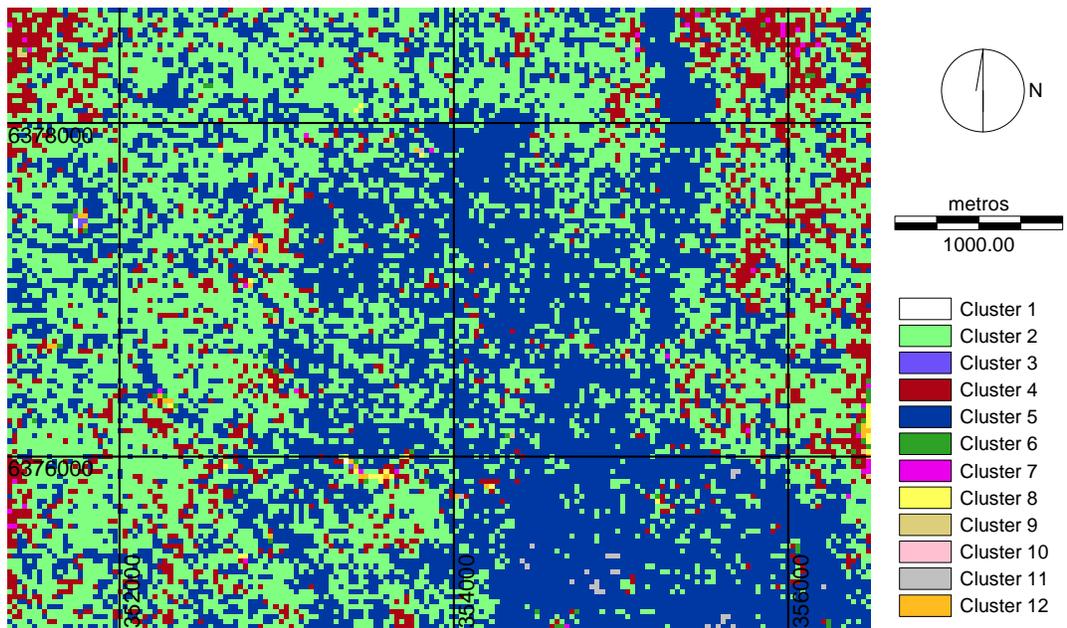


Figura 4.112. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 70/07/87. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



09/05/95 NDVI transf sul



09/05/95 Agrup NDVI transf sul

Agru	Clu 10	Clu 3	Clu 12	Clu 8	Clu 6	Clu 9	Clu 7	Clu 4	Clu 2	Clu 5	Clu 11
NDVI	14 - 53	55 - 90	91 - 115	116 - 123	124 - 130	131	132	133 - 138	139 - 142	143 - 158	159 - 170
N° píxeis		474	2.963	3.581	7.028	2.227	5.412	262.838	1.362.321	1.384.969	4.315

Figura 4.113 - Local de amostragem sul em 09/05/95. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

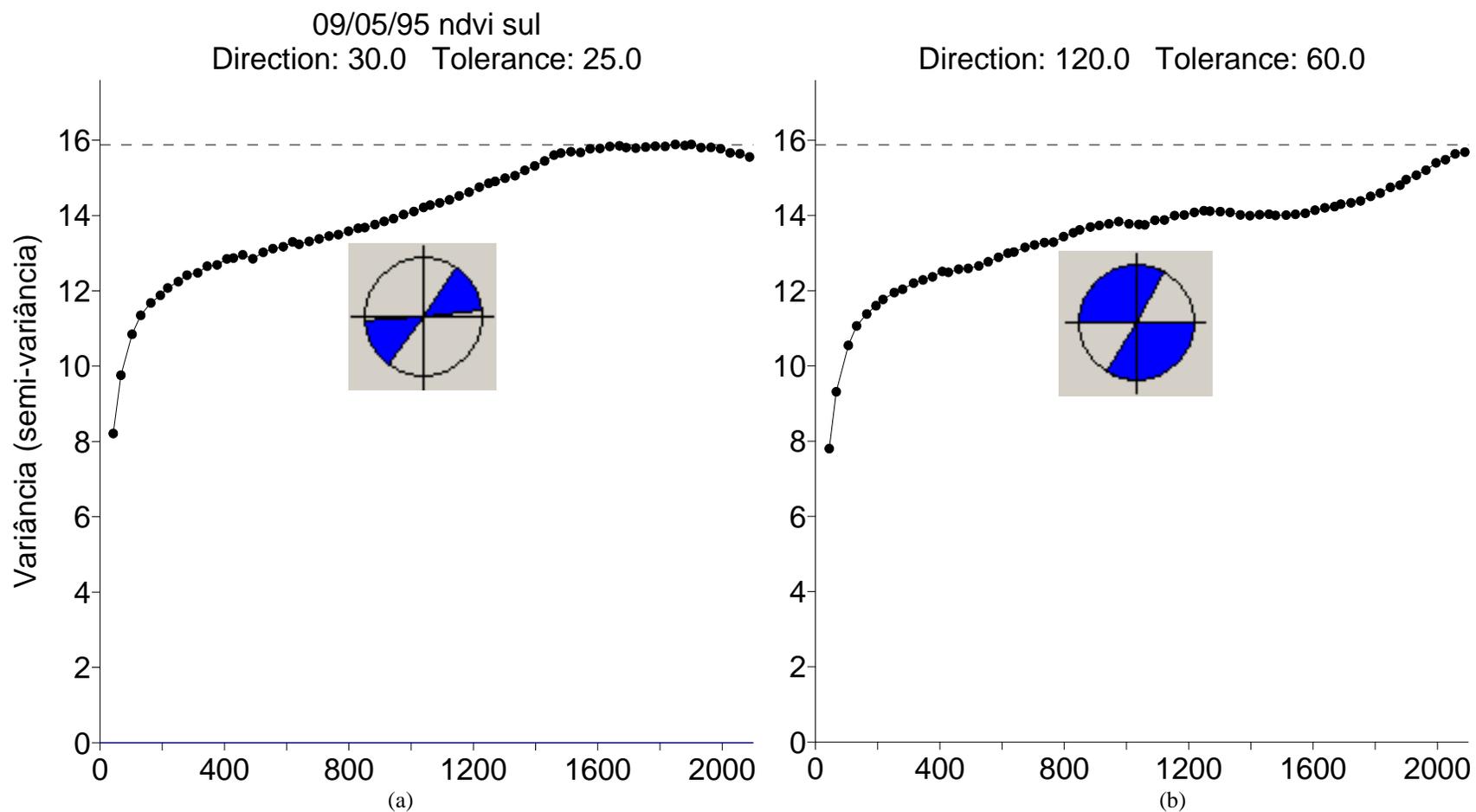


Figura 4.114 - Variogramas da janela sul na data de 09/05/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

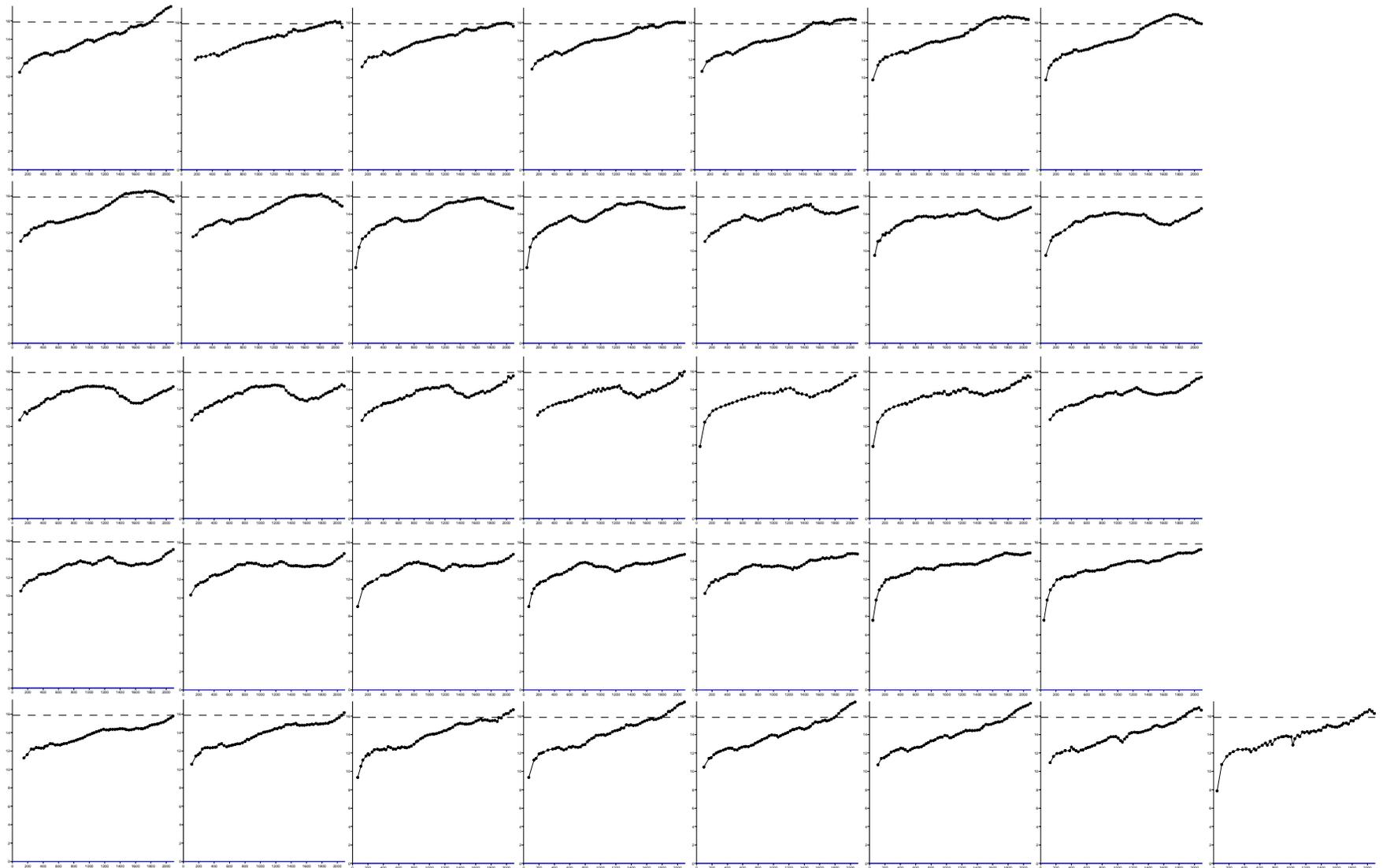
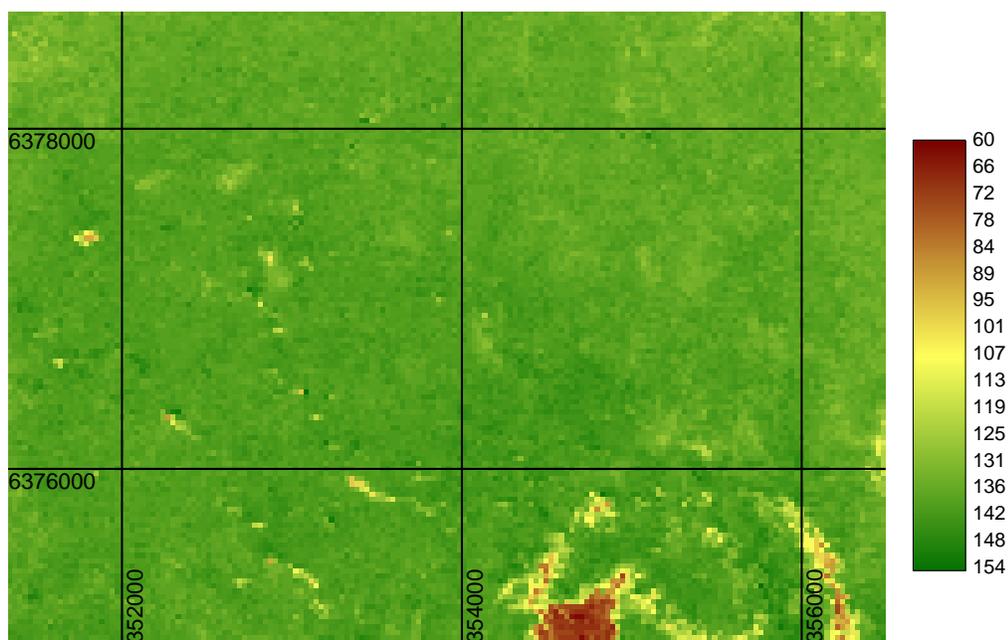
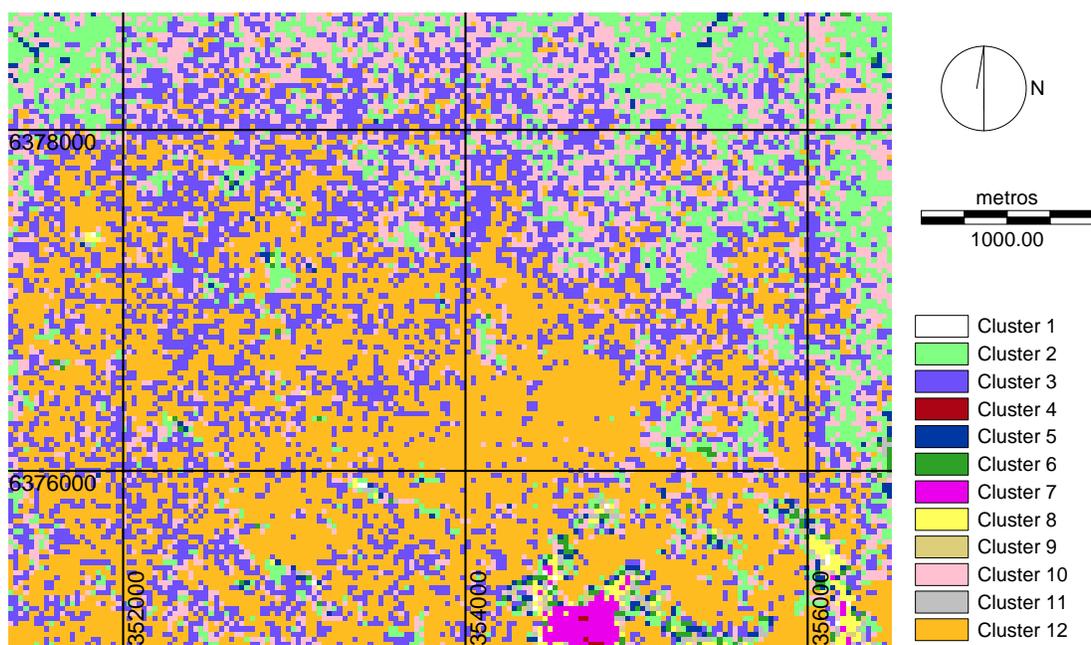


Figura 4.115. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 09/05/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



19/12/95 NDVI transf sul



19/12/95 Agrup NDVI transf sul

Agru	Clu 4	Clu 7	Clu 8	Clu 11	Clu 9	Clu 6	Clu 5	Clu 2	Clu 3	Clu 12	Clu 10
NDVI	38 - 68	63 - 83	84 - 108	109 - 116	117 - 118	119 - 123	124 - 127	130 - 134	137 - 138	139 - 152	128 - 163
N° píxeis	370	9.177	12.585	9.775	4.231	13.885	22.529	357.296	832.937	1.149.238	502.237

Figura 4.116 - Local de amostragem sul em 19/12/95. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

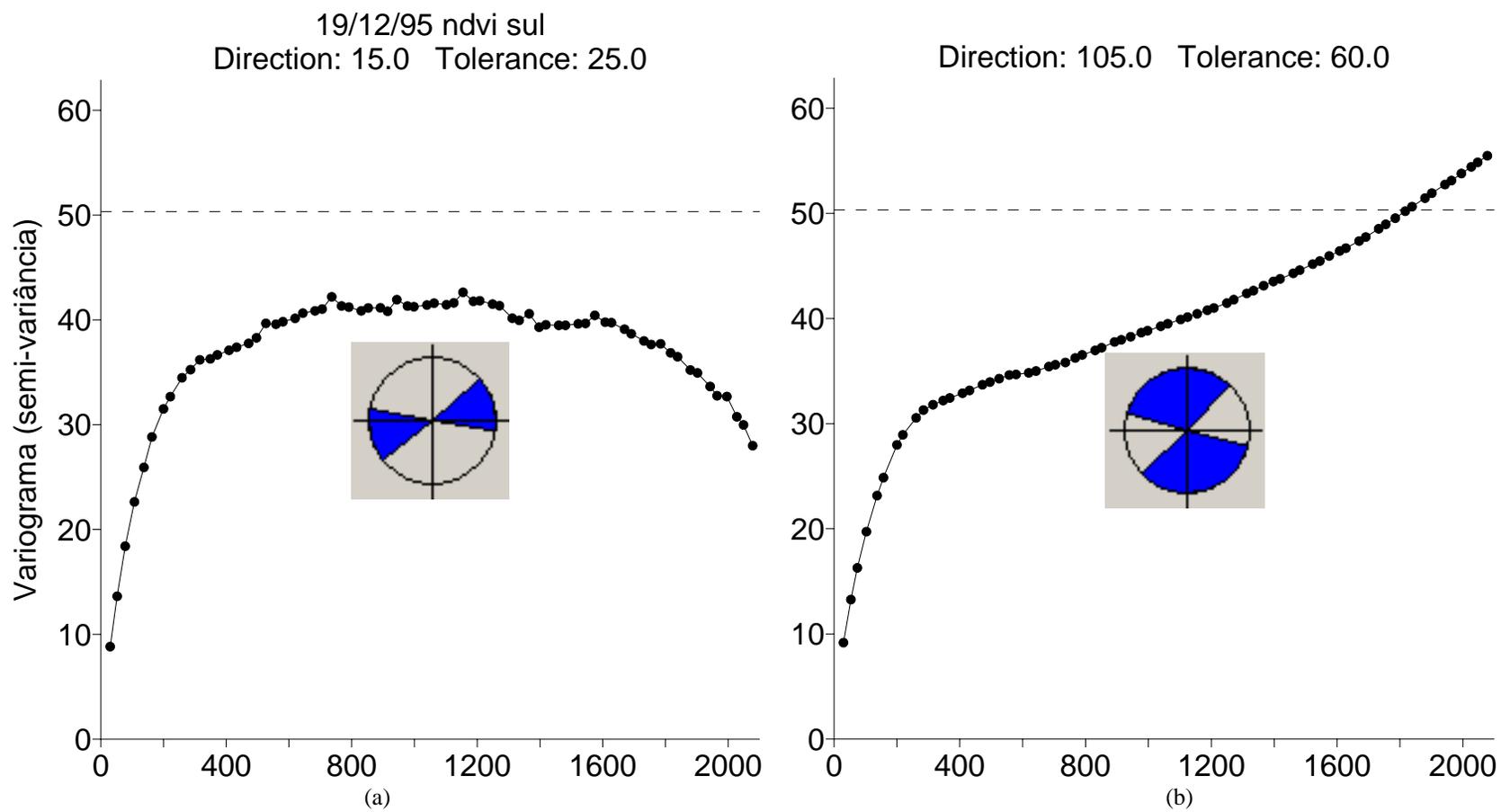


Figura 4.117 - Variogramas da janela sul na data de 19/12/95. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

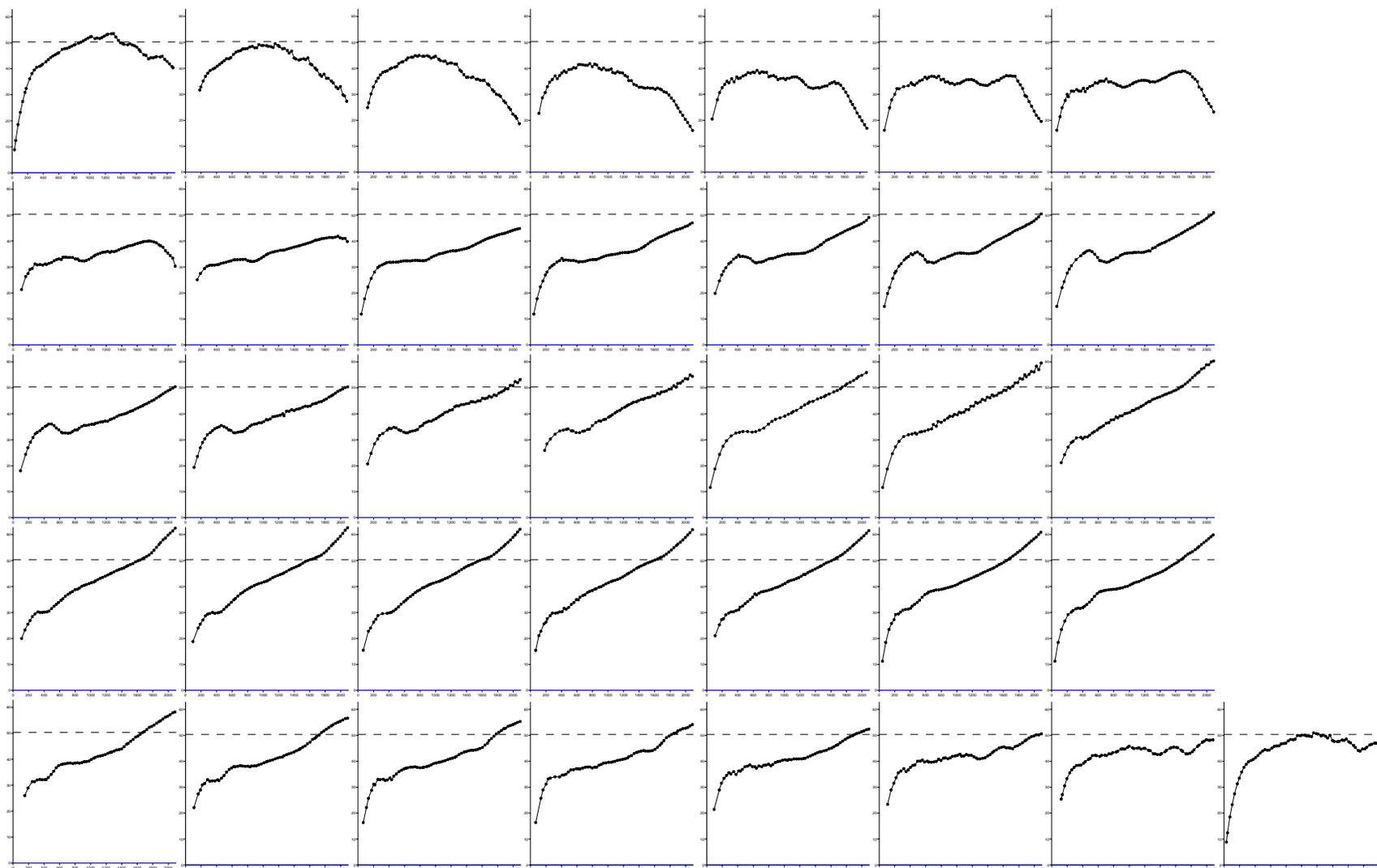
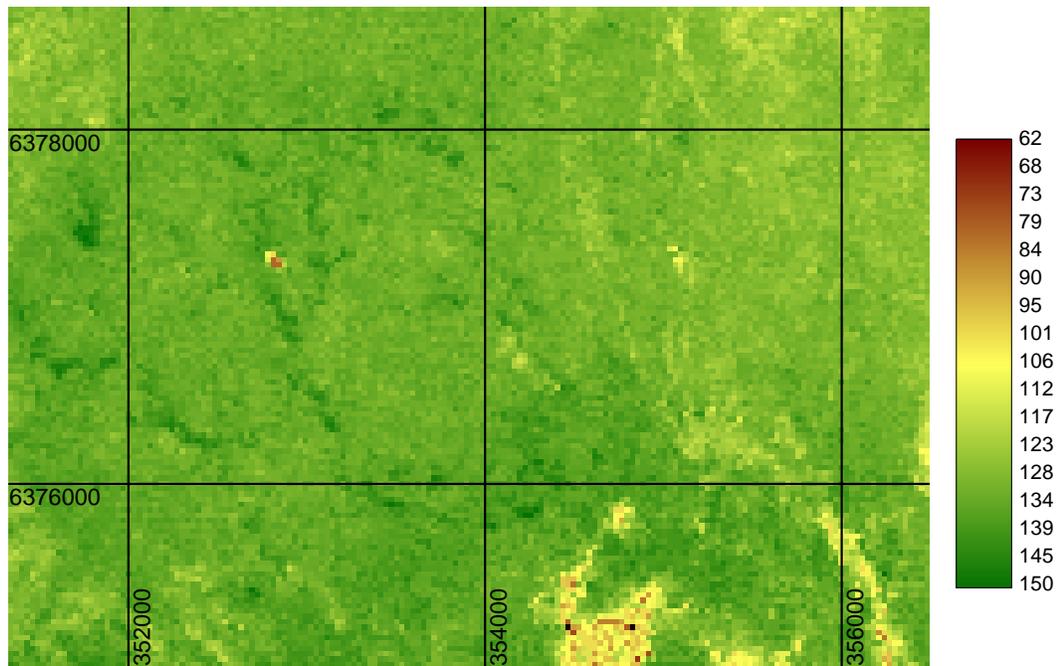
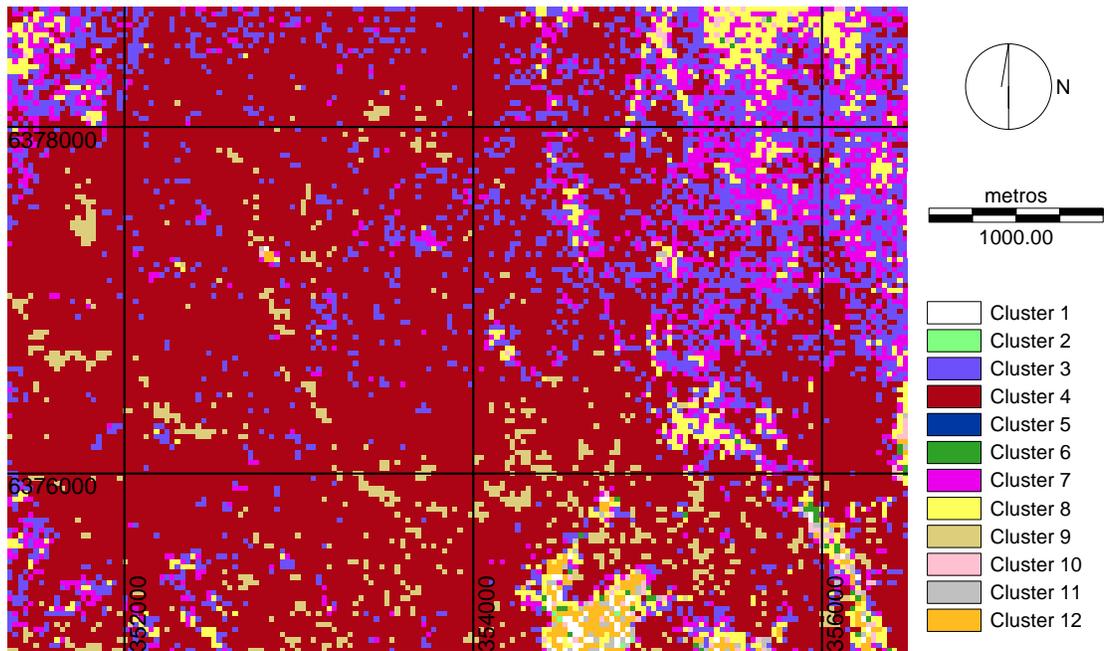


Figura 4.118. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 19/12/95. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175°.



30/07/96 NDVI transf sul



30/07/96 Agrup NDVI transf sul

Agru	Clu 2	Clu 12	Clu 11	Clu 10	Clu 6	Clu 8	Clu 7	Clu 3	Clu 4	Clu 5	Clu 9
NDVI	0 - 75	76 - 107	108 - 110	111 - 114	115	116 - 122	123 - 125	126 - 128	129 - 138	151 - 161	139 - 200
N° píxeis	345	15.402	6.658	9.133	4.600	103.629	204.268	354.014	1.970.598		106.271

Figura 4.119 - Local de amostragem sul em 30/07/96. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

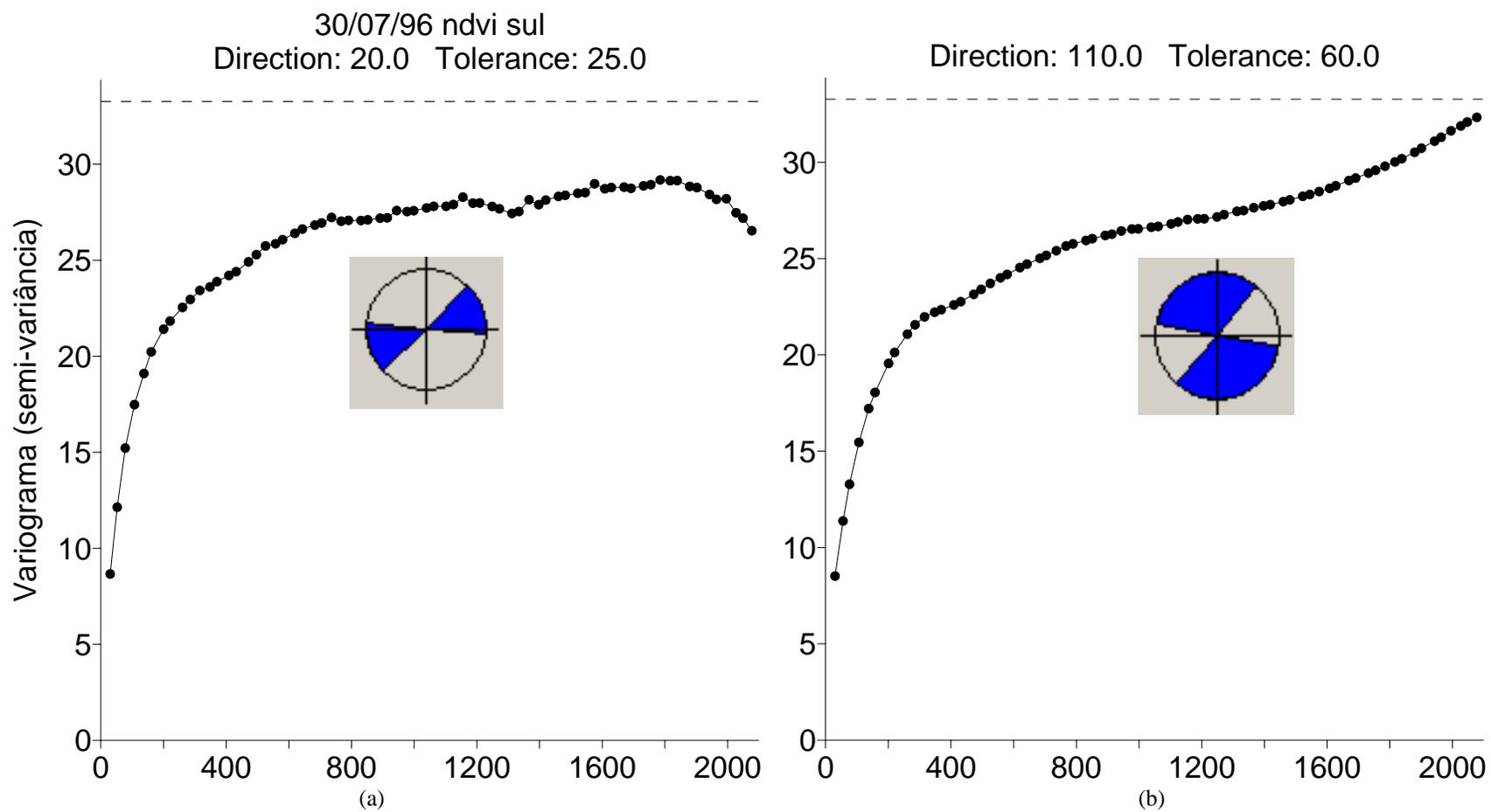


Figura 4.120 - Variogramas da janela sul na data de 30/07/96. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

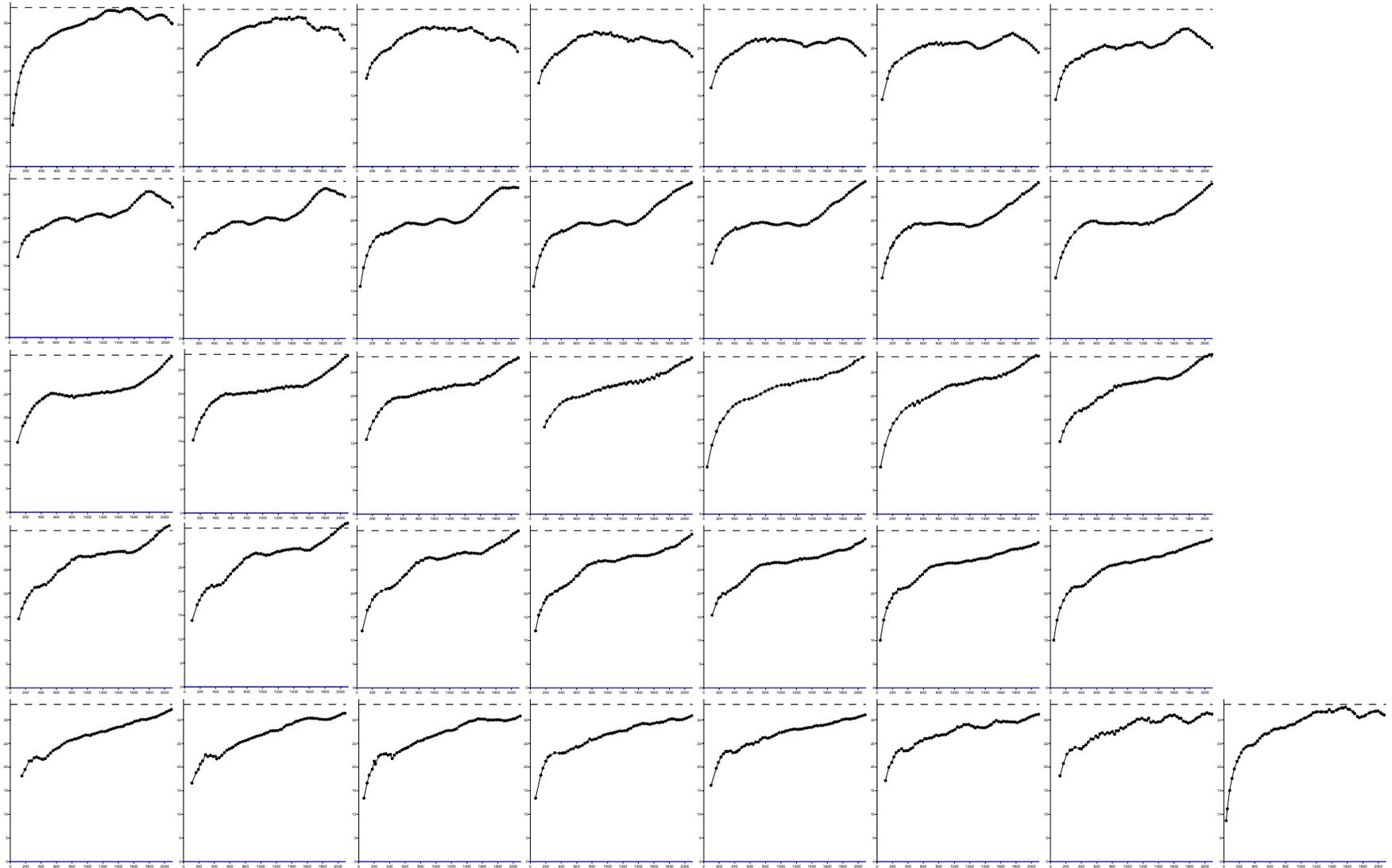
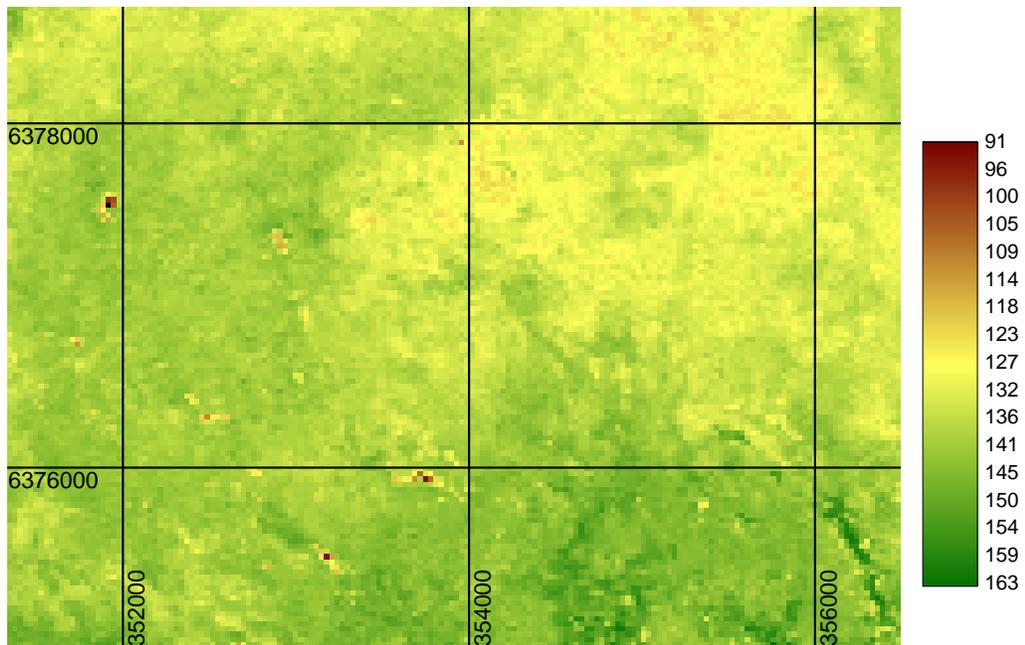
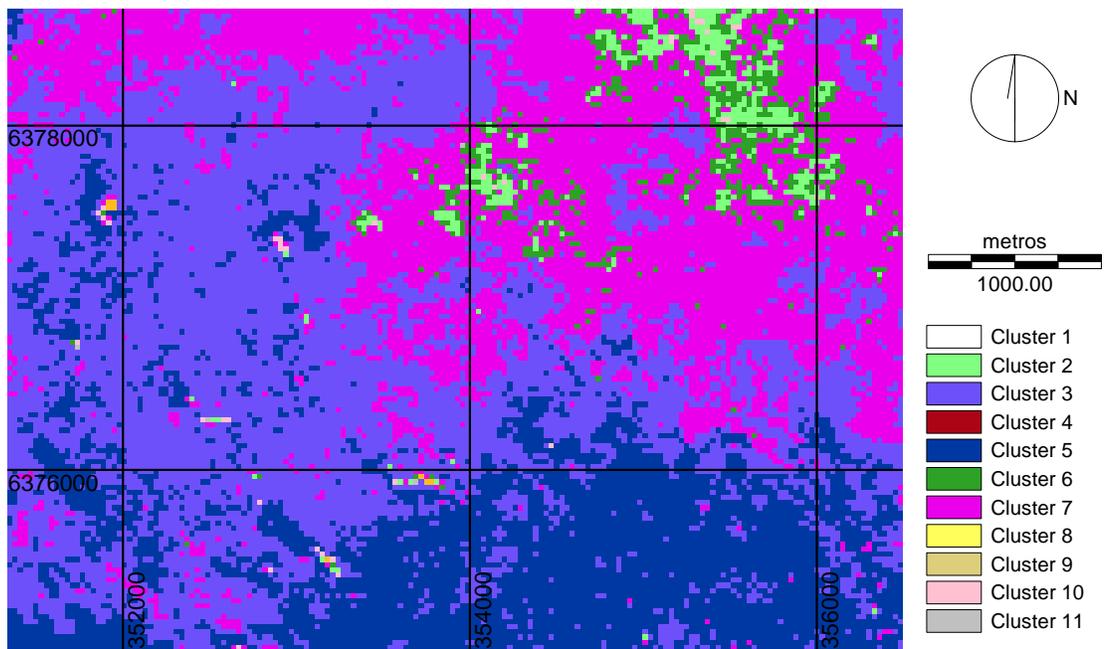


Figura 4.121. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 30/07/96. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



04/03/97 NDVI transf sul



04/03/97 Agrup NDVI transf sul

Agru	Clu 4	Clu 9	Clu 12	Clu 10	Clu 2	Clu 6	Clu 7	Clu 3	Clu 5	Clu 8	Clu 11
NDVI	24 - 63	64 - 84	85 - 106	113 - 121	122 - 125	126 - 127	128 - 134	135 - 141	142 - 165		107 - 171
N° píxeis			794	4.658	55.089	79.723	806.082	1.274.912	700.604		445

Figura 4.122 - Local de amostragem sul em 04/03/97. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

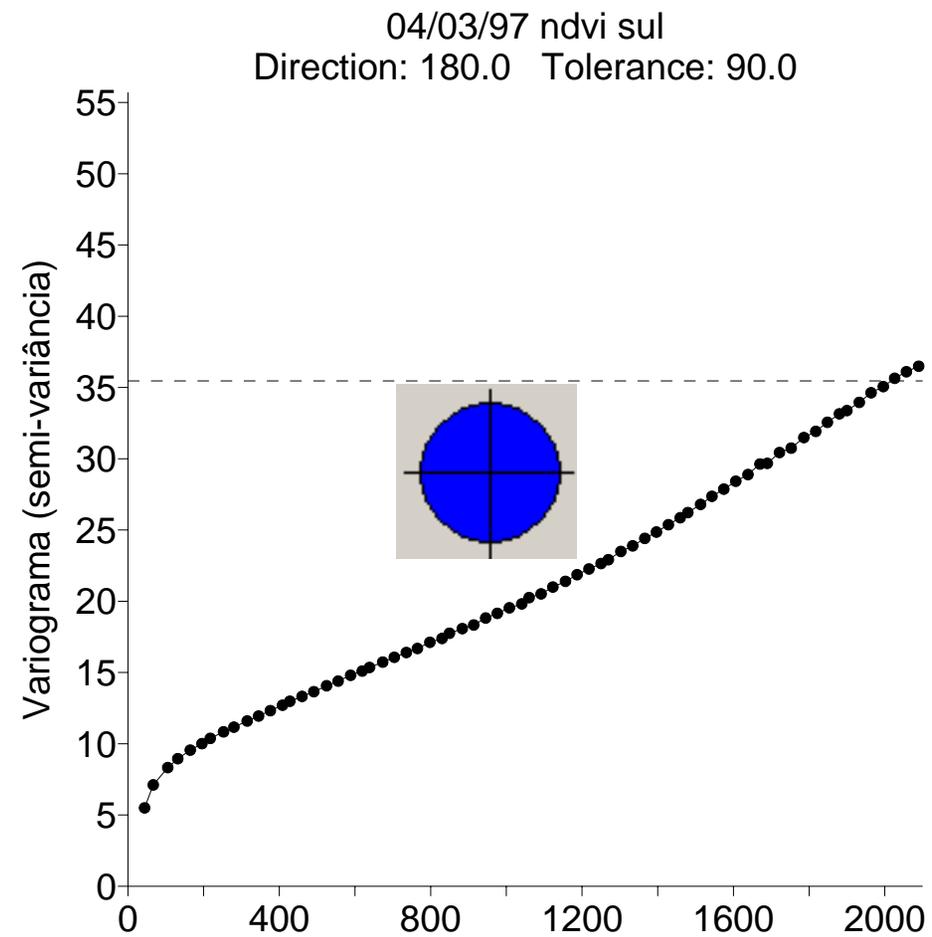


Figura 4.123 - Variogramas da janela sul na data de 04/03/97 Direções onde a semivariância não estabiliza.

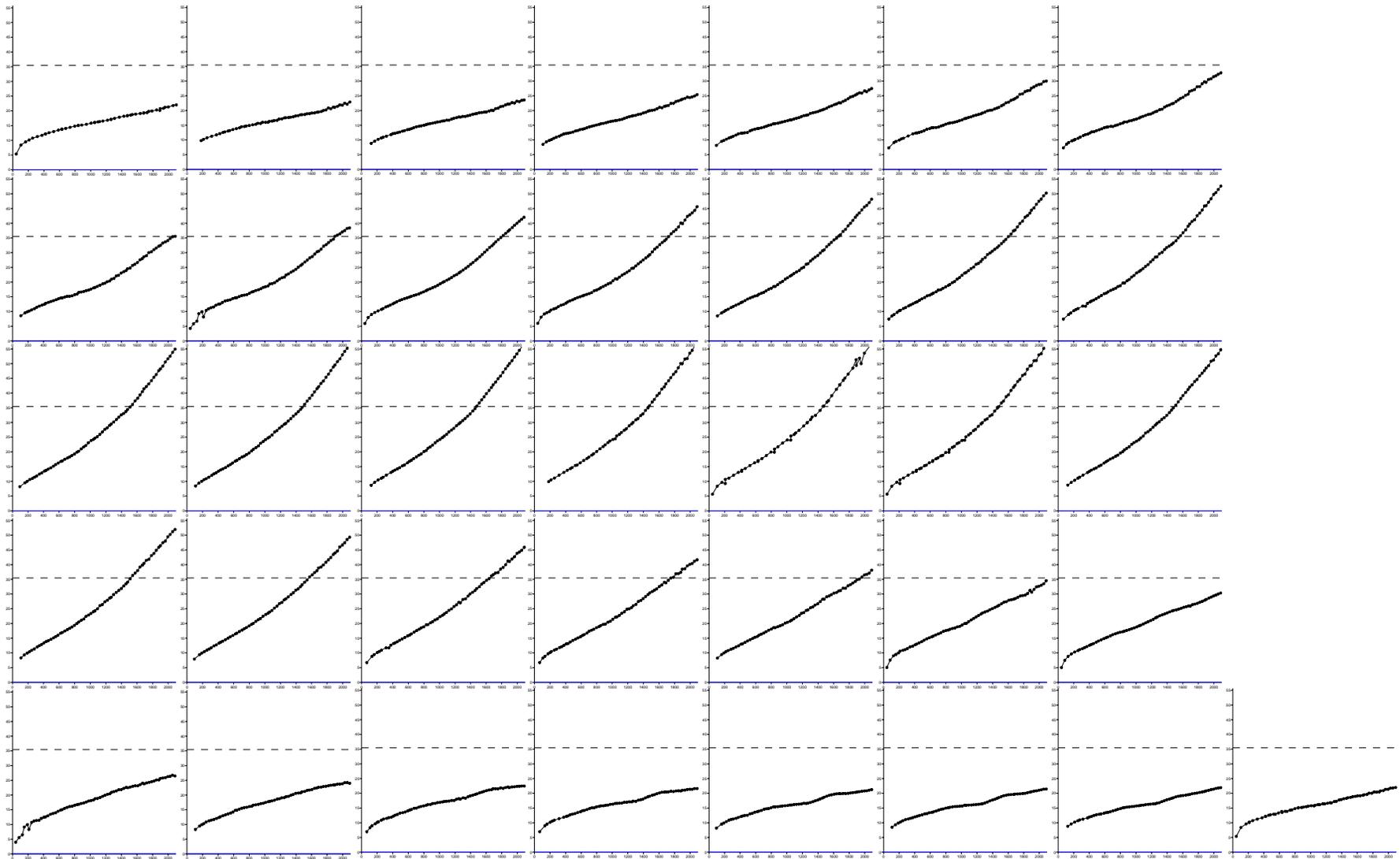
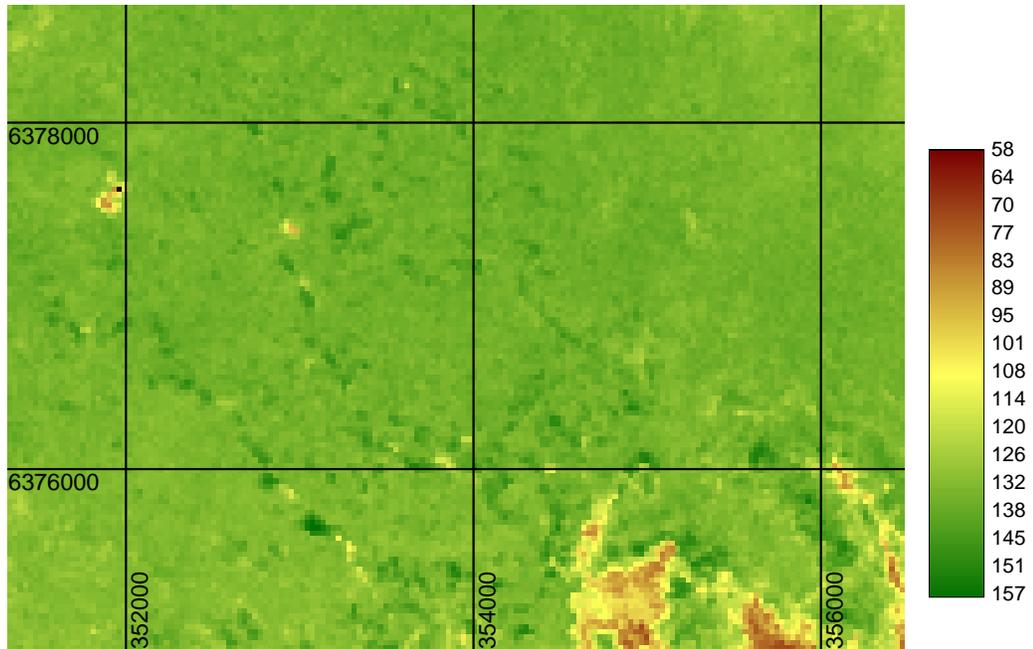
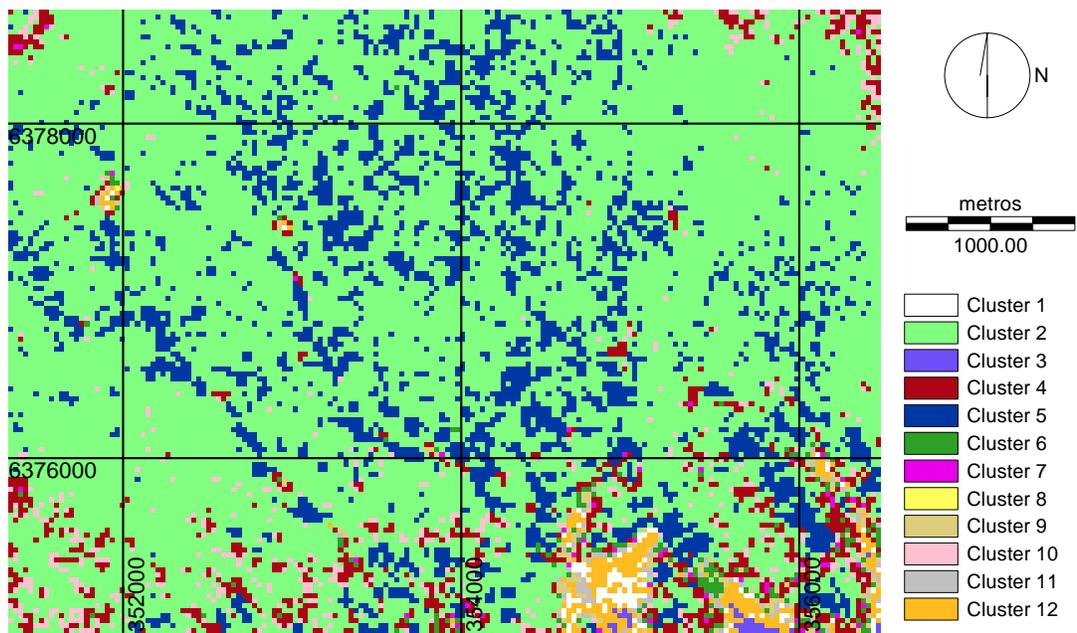


Figura 4.124. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 04/03.97. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



17/09/99 NDVI transf sul



17/09/99 Agrup NDVI transf sul

Agru	Clu 8	Clu 3	Clu 12	Clu 11	Clu 9	Clu 6	Clu 7	Clu 4	Clu 10	Clu 2	Clu 5
NDVI	52 - 70	71 - 81	48- 105	106- 110	111- 116	117- 121	122	123- 128	129	130 - 136	137 - 157
N° píxeis		2.624	23.057	8.846	14.343		6.954	1.212	68.499	2.083.117	475.225

Figura 4.125- Local de amostragem sul em 17/09/99. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

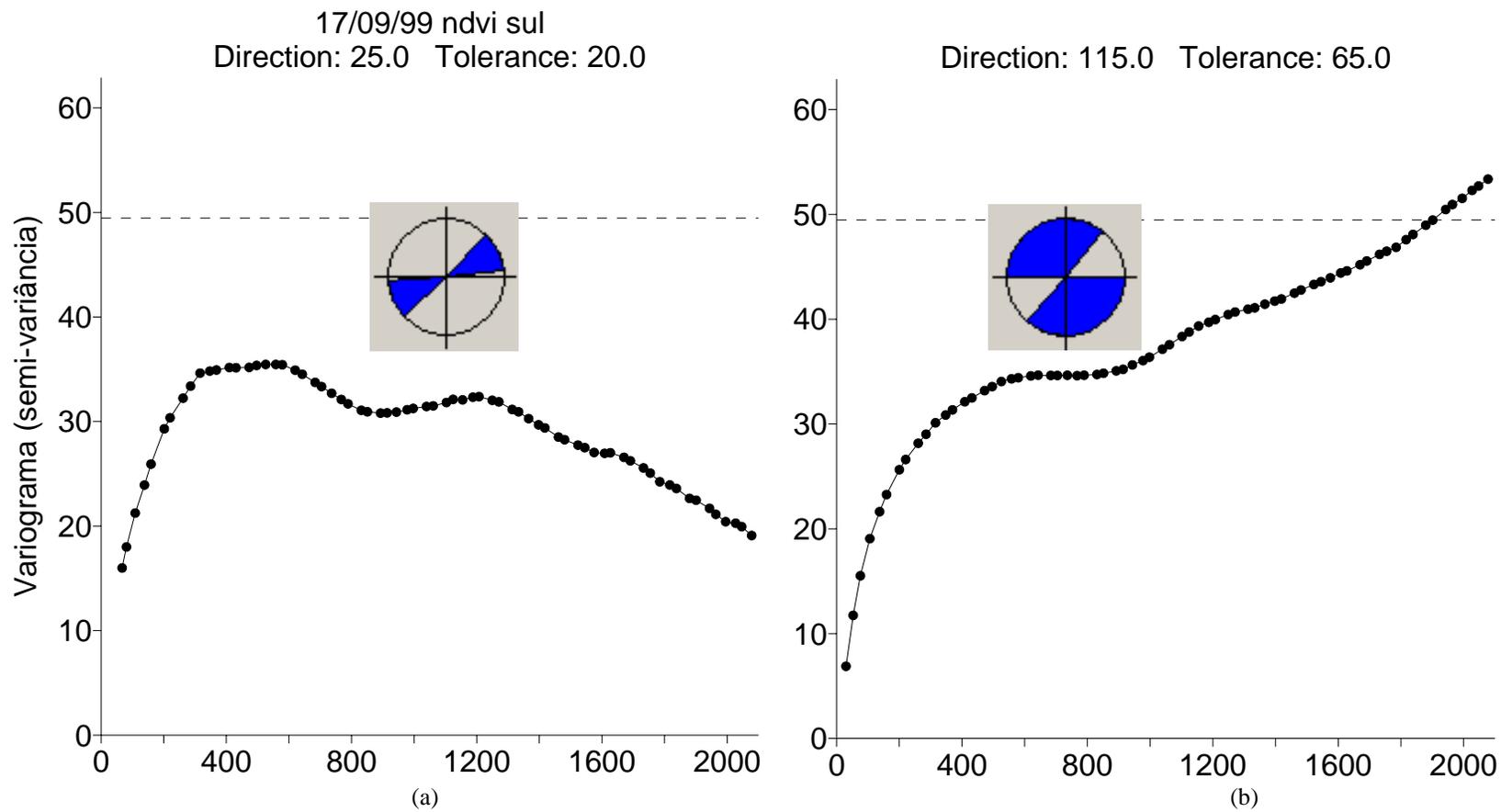


Figura 4.126 - Variogramas da janela sul na data de 17/09/99. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

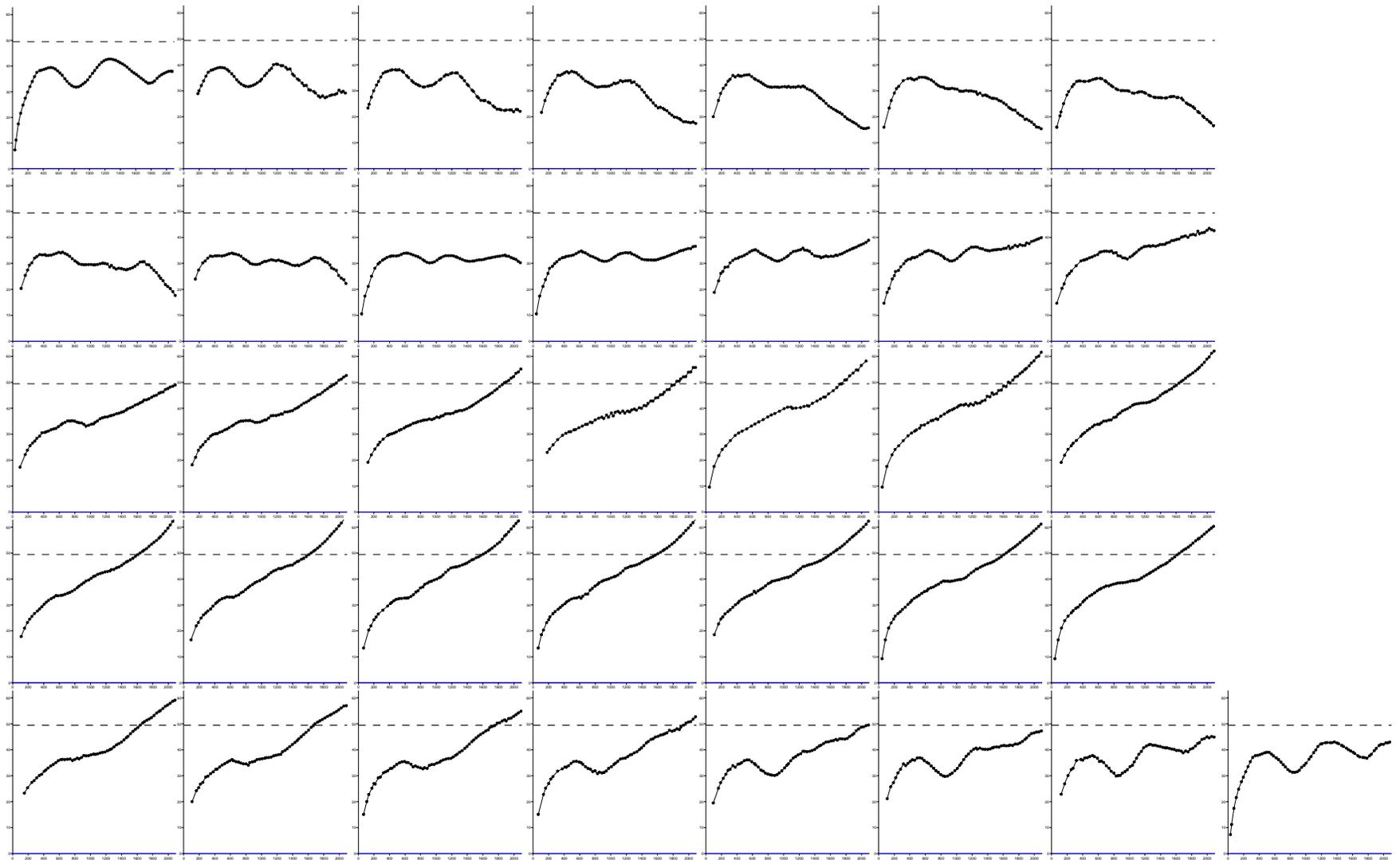
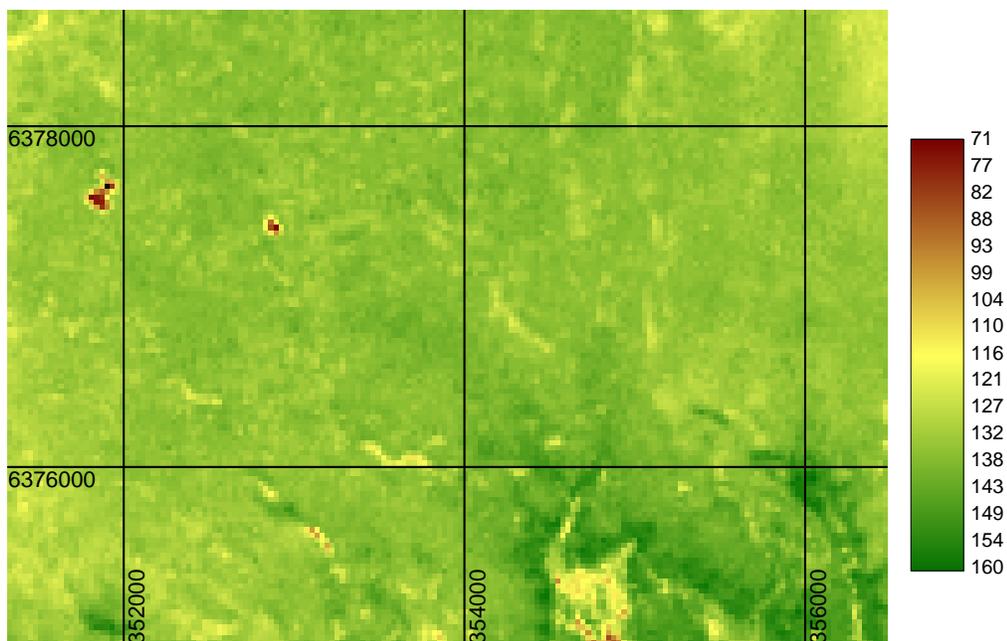
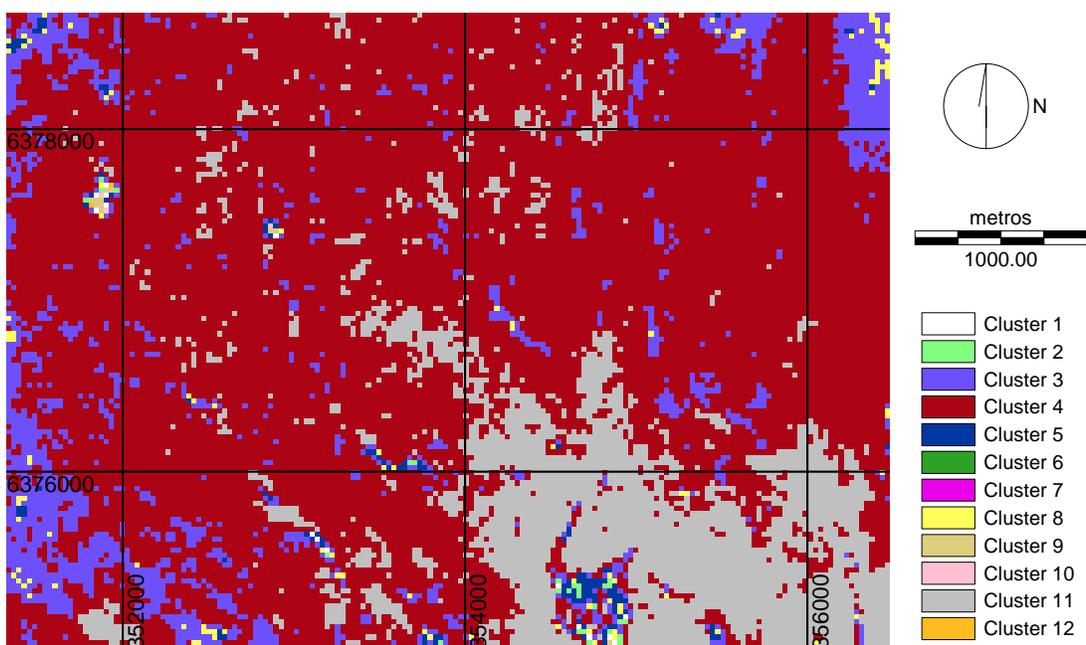


Figura 4.127. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 17/09/99. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175°.



24/02/00 NDVI transf sul



24/02/00 Agrup NDVI transf sul

Agru	Clu 7	Clu 6	Clu 9	Clu 10	Clu 12	Clu 2	Clu 5	Clu 8	Clu 3	Clu 4	Clu 11
NDVI	35 - 54	55 - 65	66 - 84	85 - 94	102 - 103	104 - 111	112 - 120	121 - 122	123 - 129	130 - 138	139 - 174
N° píxeis			850	634	410	3.030	15.149	14.467	254.838	2.082.413	501.651

Figura 4.128 - Local de amostragem sul em 24/02/00. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

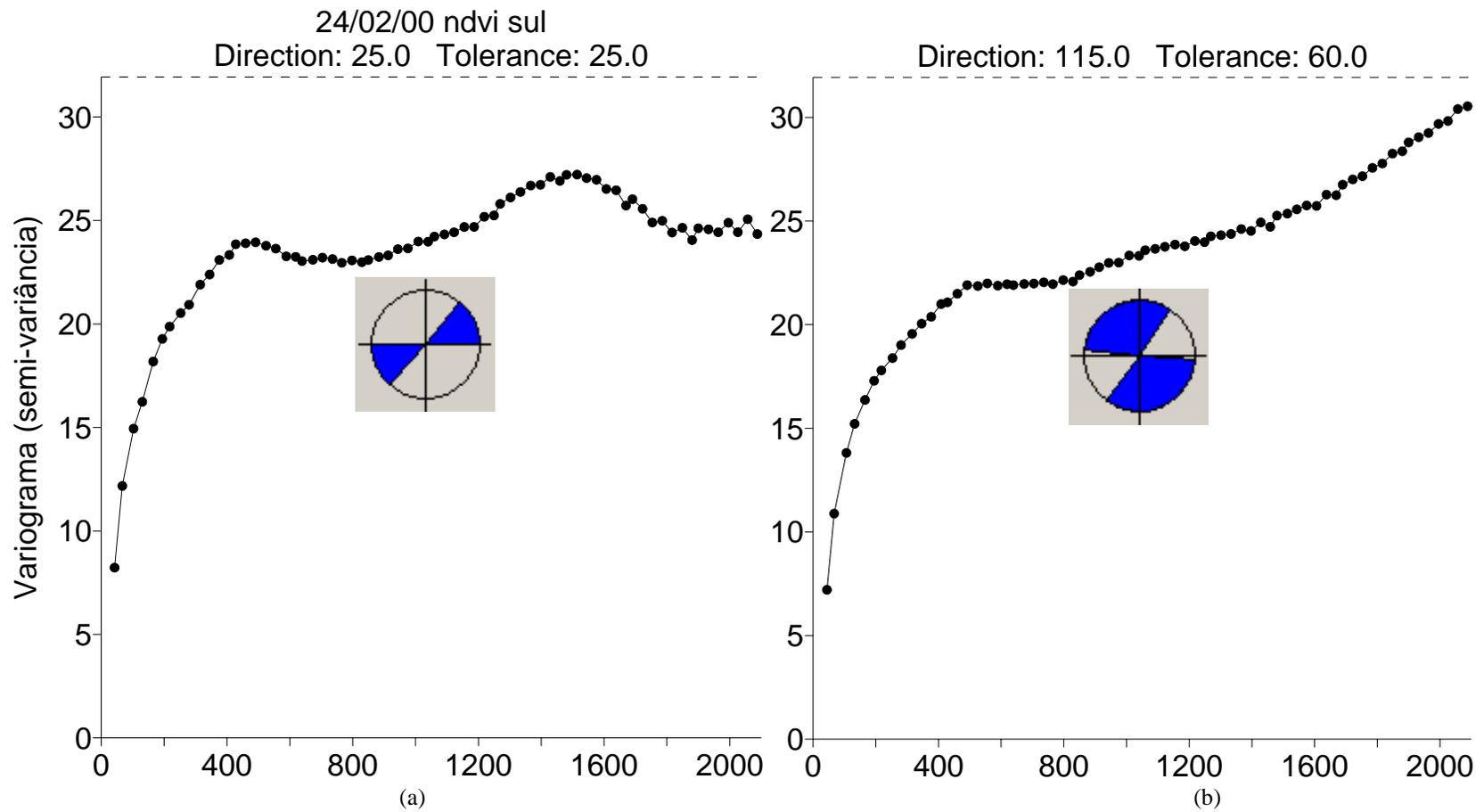


Figura 4.129 - Variogramas da janela sul na data de 24/02/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

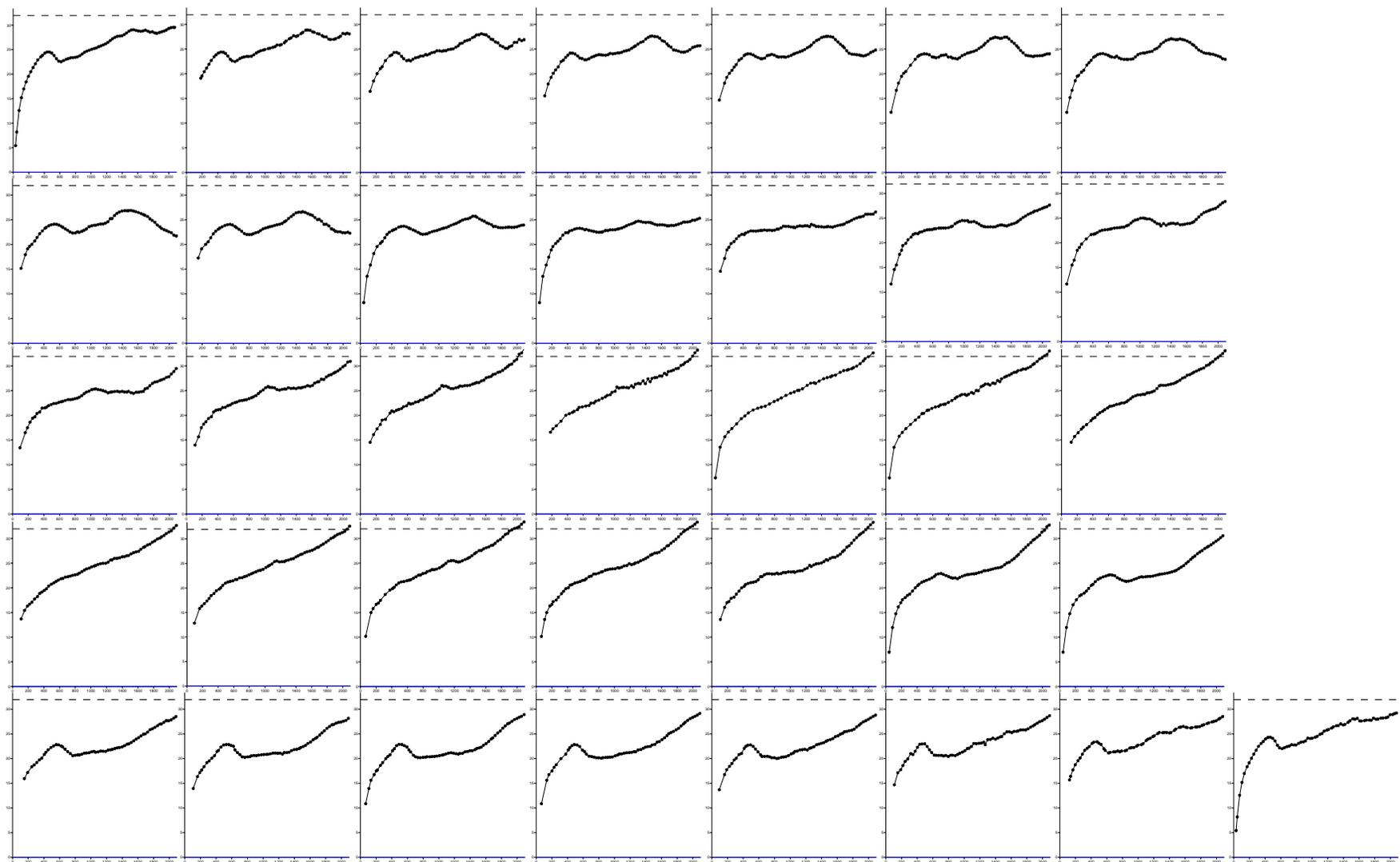
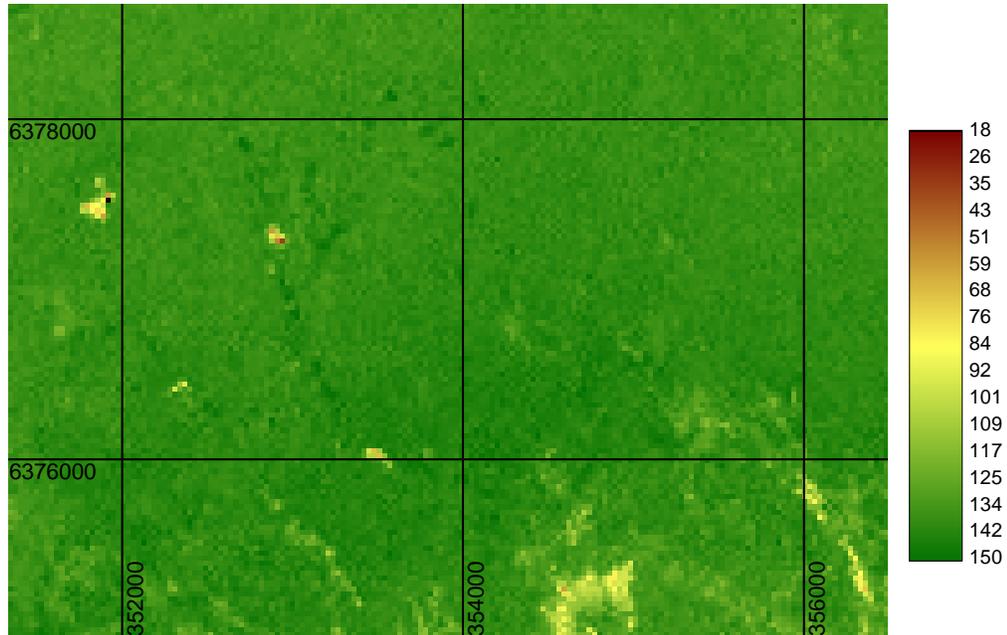
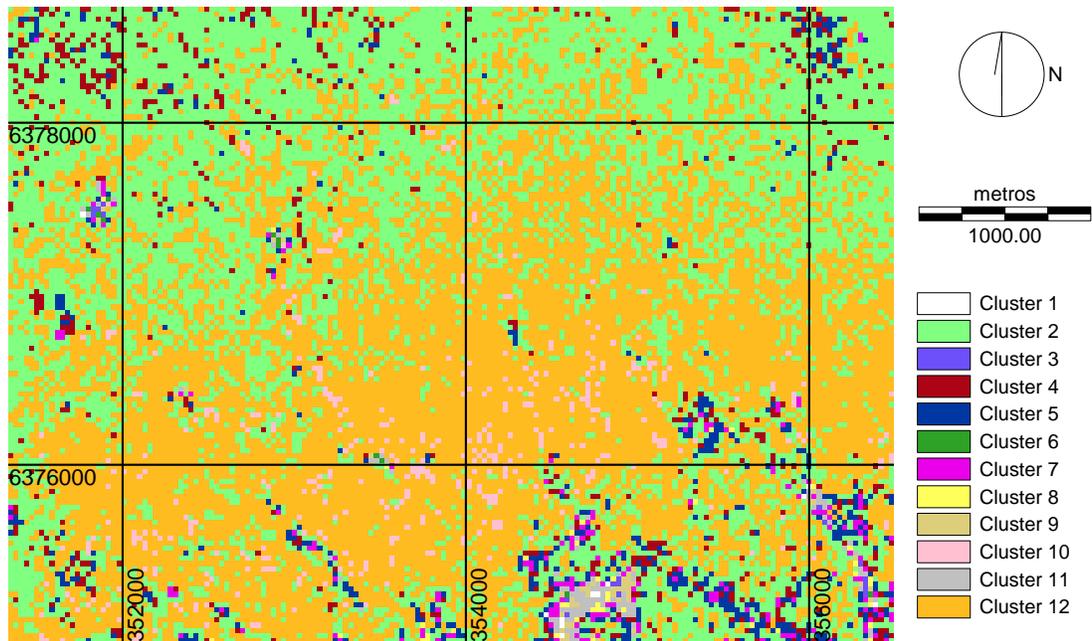


Figura 4.130. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 24/02/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175°.



18/08/00 NDVI transf sul



18/08/00 Agrup NDVI transf sul

Agru	Clu 6	Clu 3	Clu 9	Clu 11	Clu 8	Clu 7	Clu 5	Clu 4	Clu 2	Clu 12	Clu 10
NDVI	42 - 75	76 - 87	88 - 101	102 - 113	114 - 116	117 - 123	124 - 128	129 - 130	131 - 136	137 - 144	8 - 198
N° pixels	702	1.476	4.416	11.479	4.832	22.414	62.002	87.107	1.170.068	1.478.144	60.175

Figura 4.131 - Local de amostragem sul em 18/08/00. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

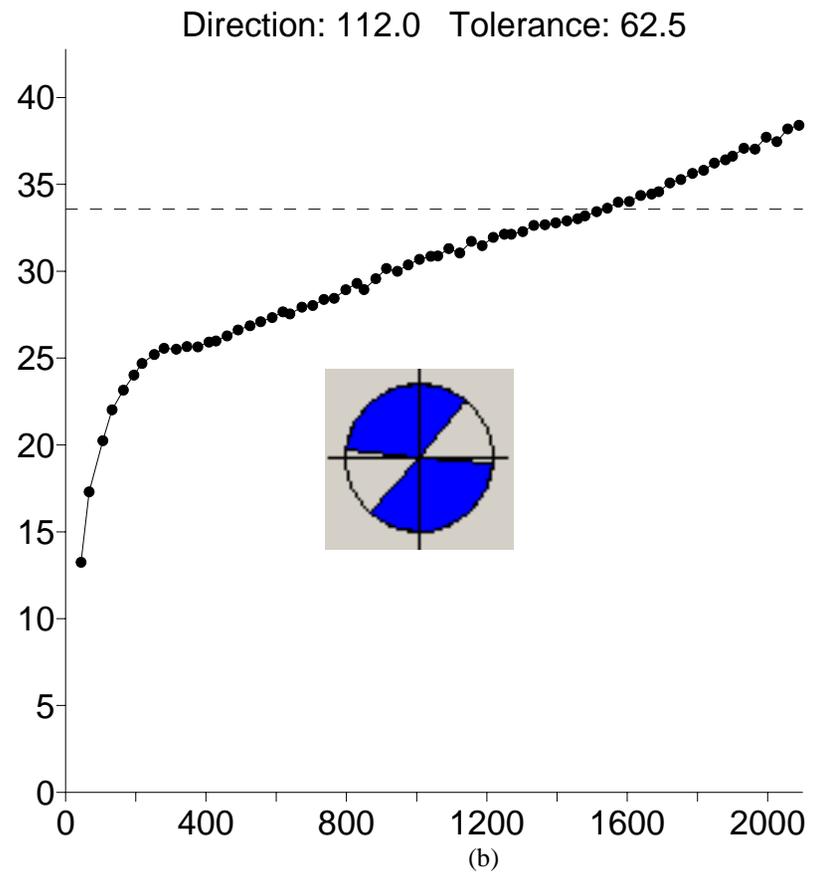
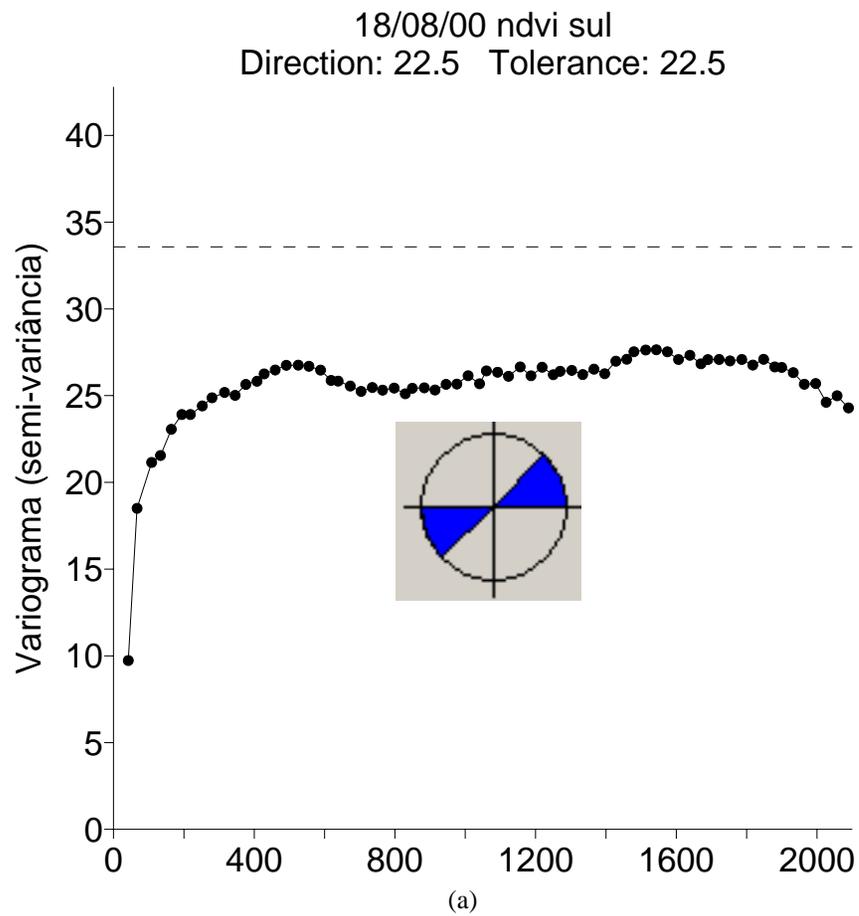


Figura 4.132 - Variogramas da janela sul na data 18/08/00. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

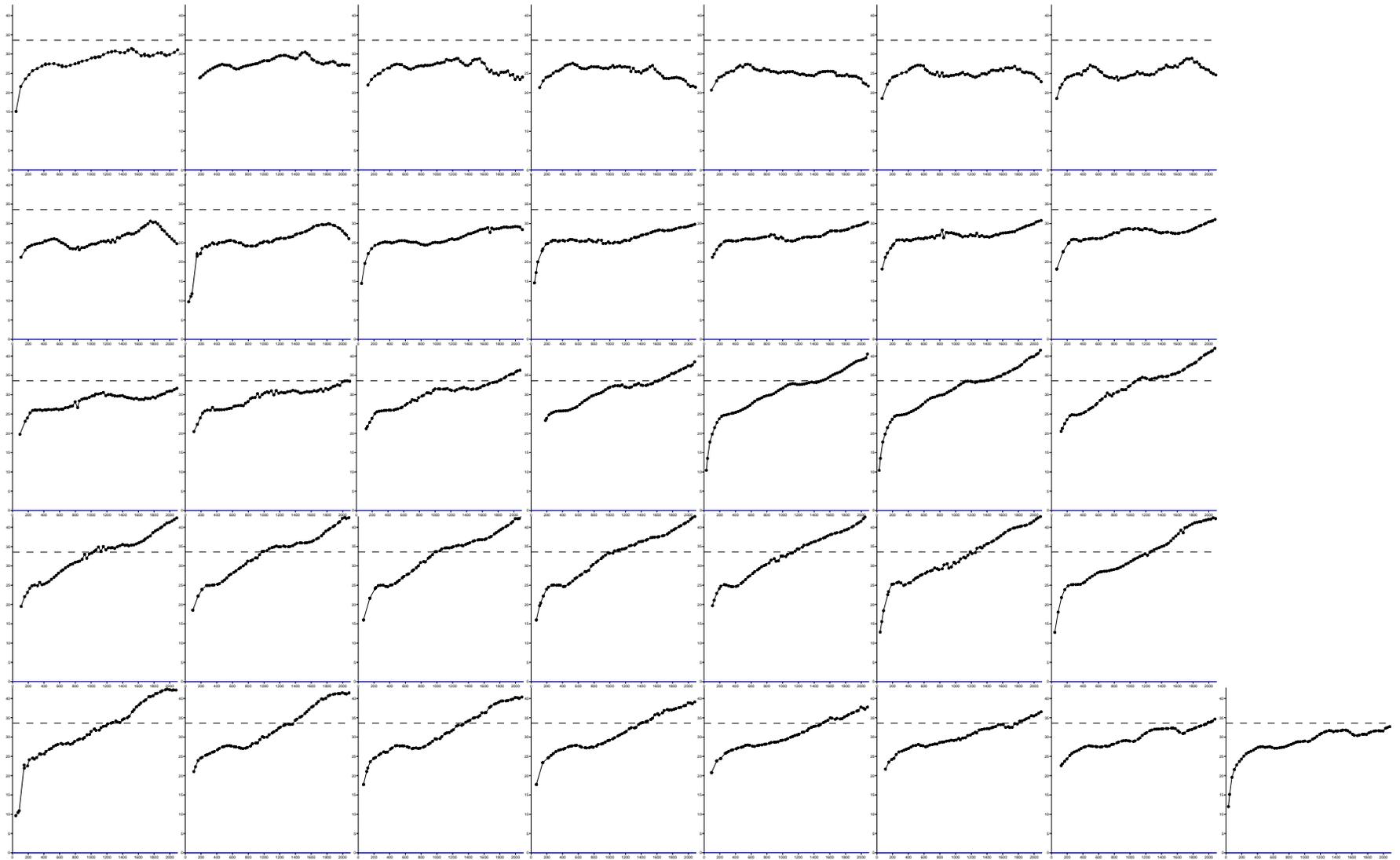
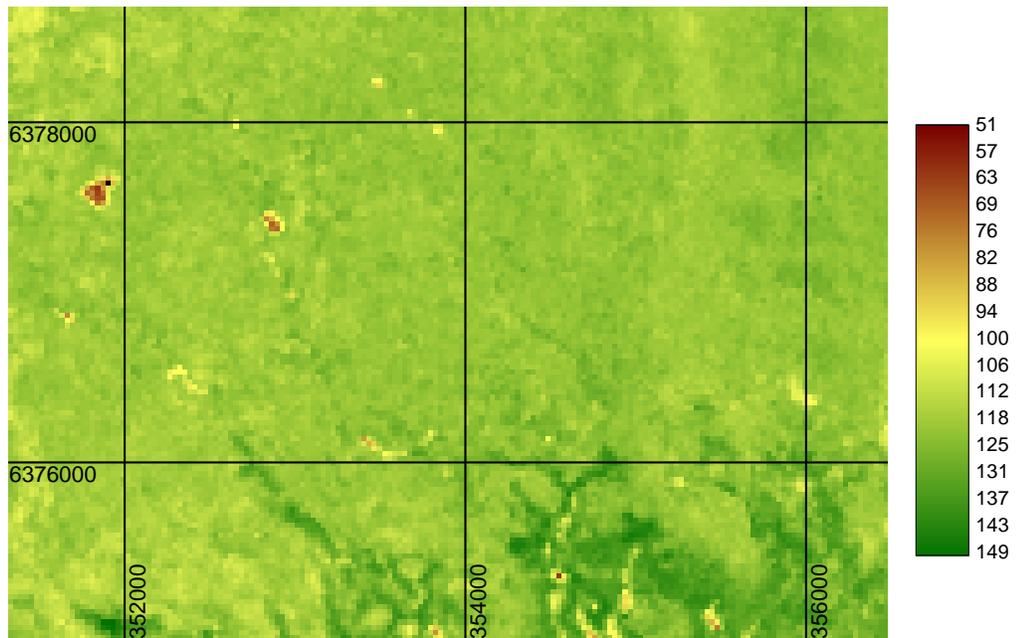
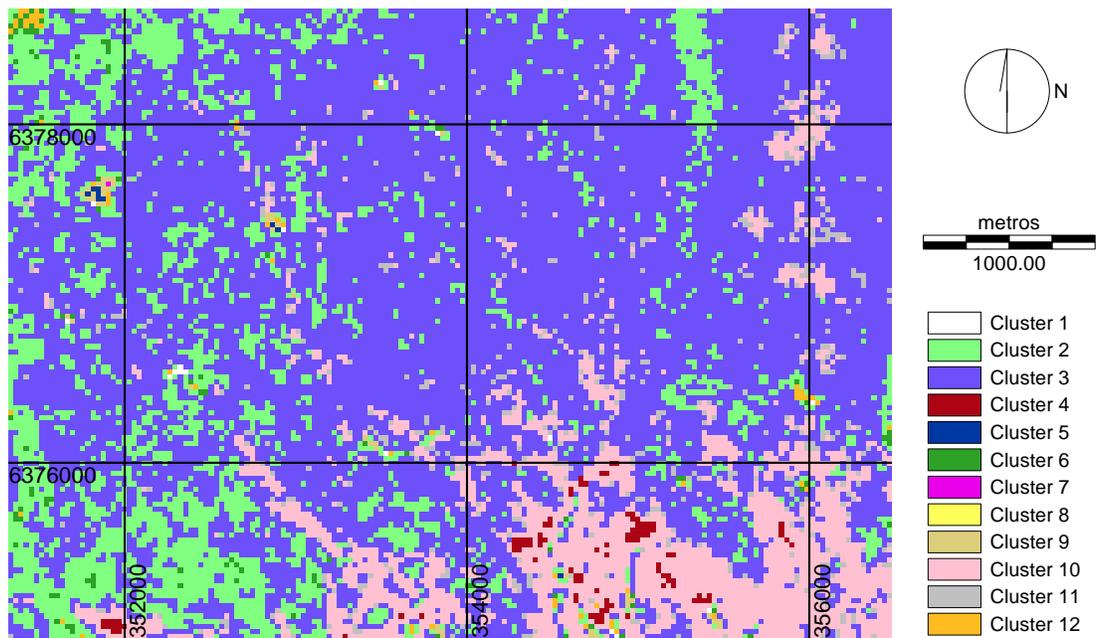


Figura 4.133. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 18/08/00. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



28/01/02 NDVI transf sul



28/01/02 Agrup NDVI transf sul

Agru	Clu 5	Clu 7	Clu 9	Clu 12	Clu 6	Clu 2	Clu 3	Clu 11	Clu 10	Clu 4	Clu 8
NDVI	37 - 71	46 - 55	72 - 97	98 - 105	106 - 108	109 - 116	117 - 123	124	125 - 138	139 - 151	25 - 164
N° píxeis	605		4.205	6.517	10.826	395.536	1.721.944	77.996	324.512	14.929	

Figura 4.134 - Local de amostragem sul em 28/01/02. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

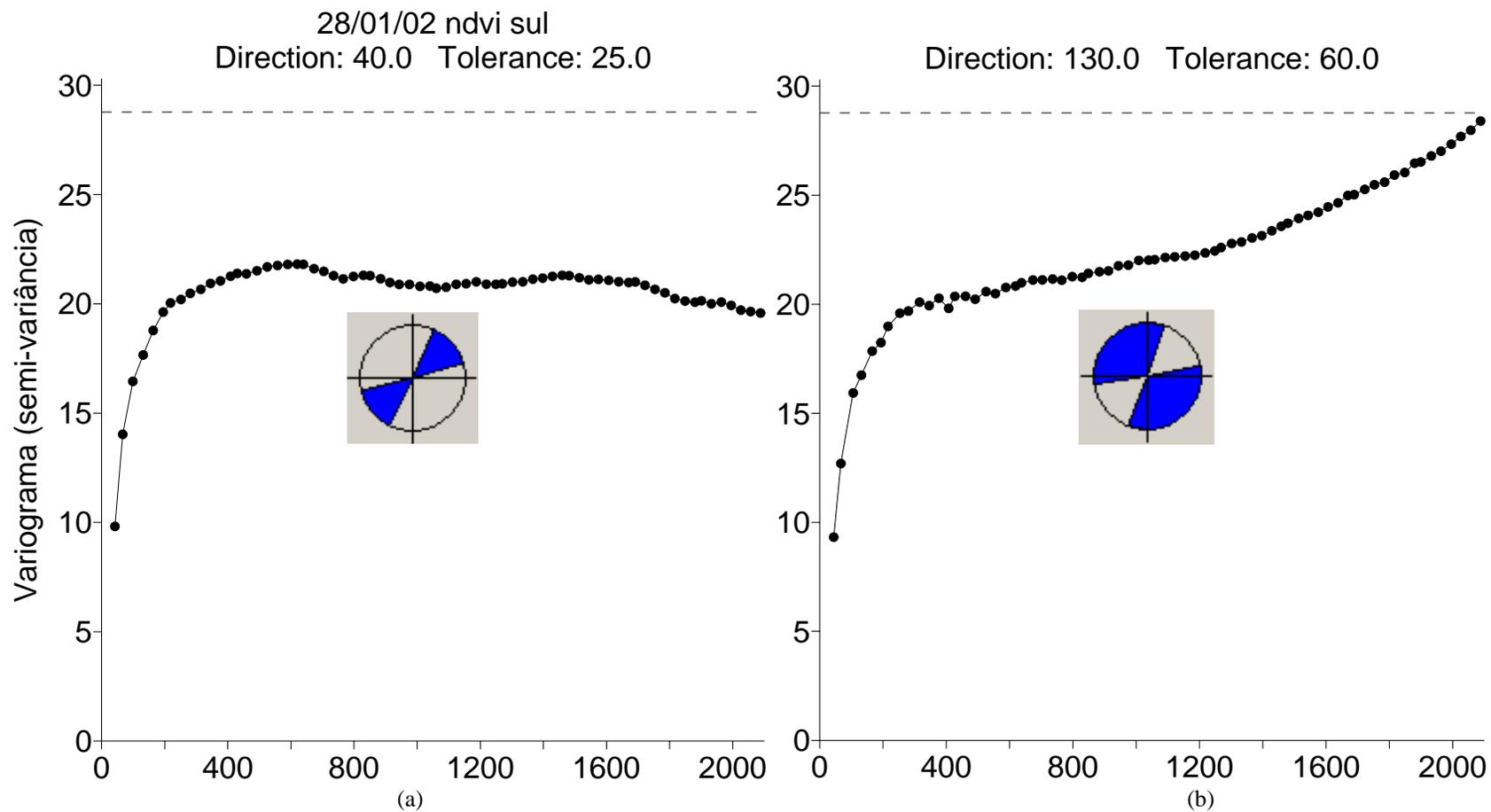


Figura 4.135 - Variogramas da janela sul na data 28/01/02. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

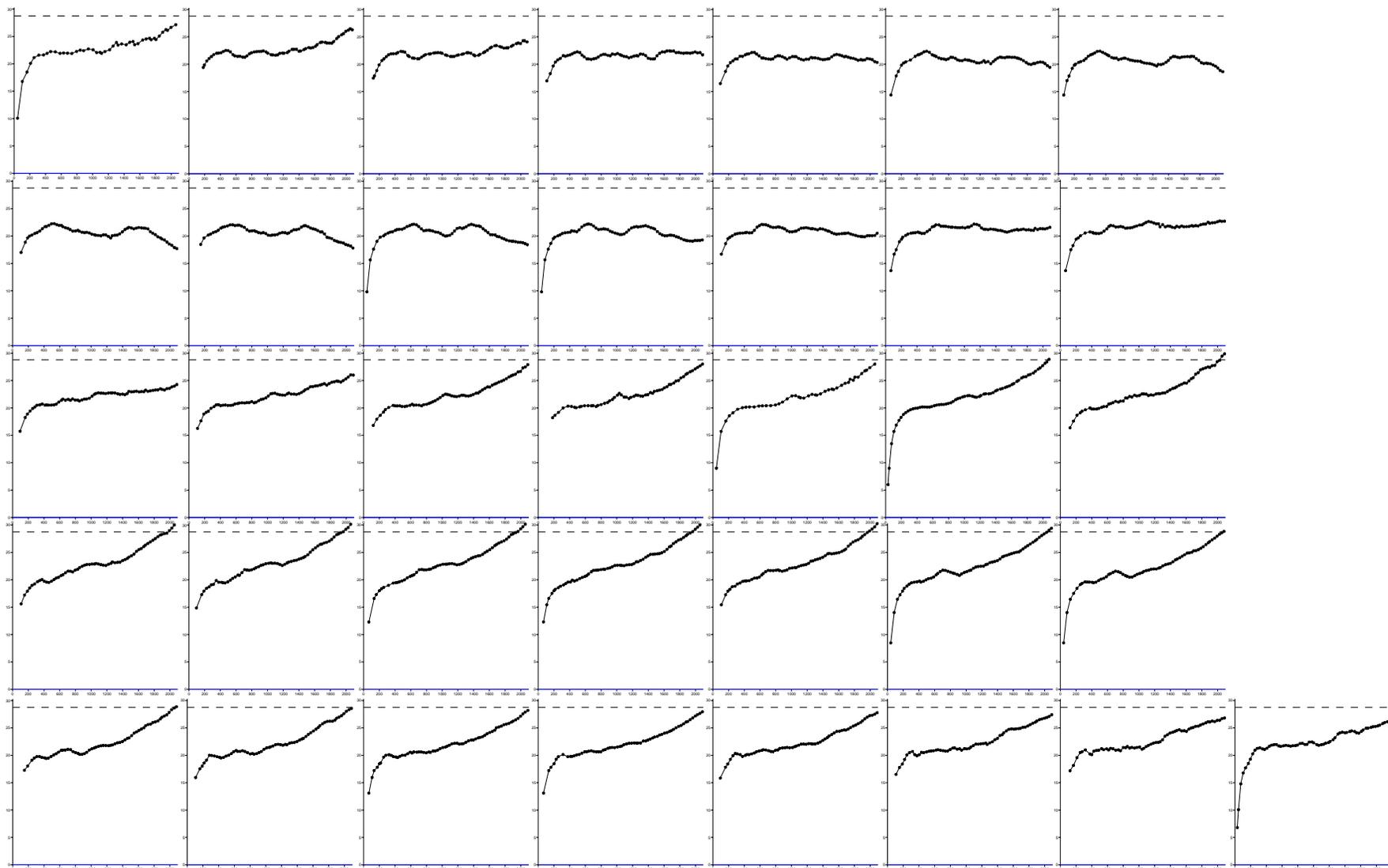
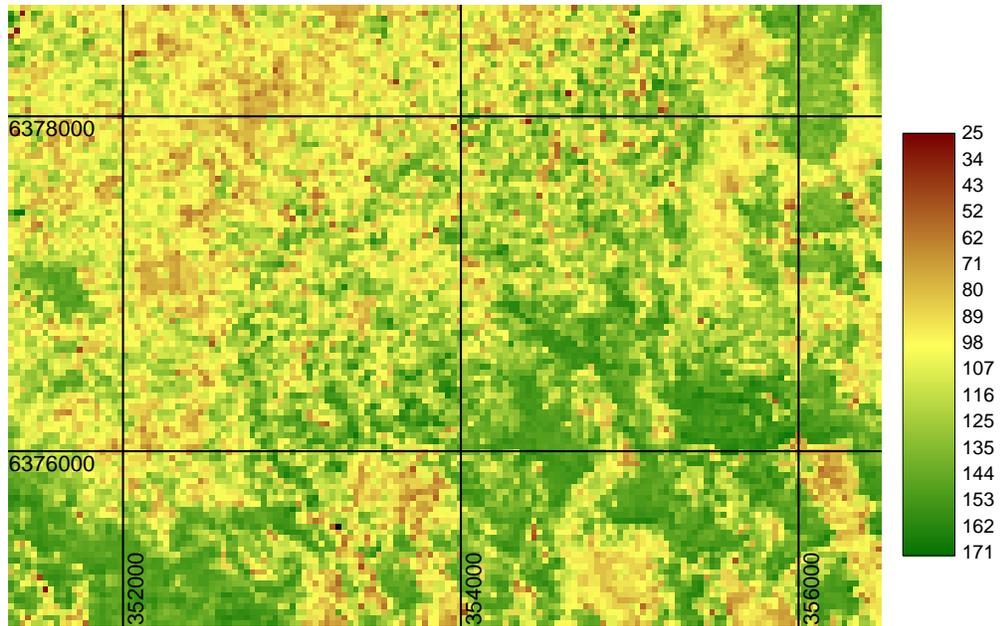
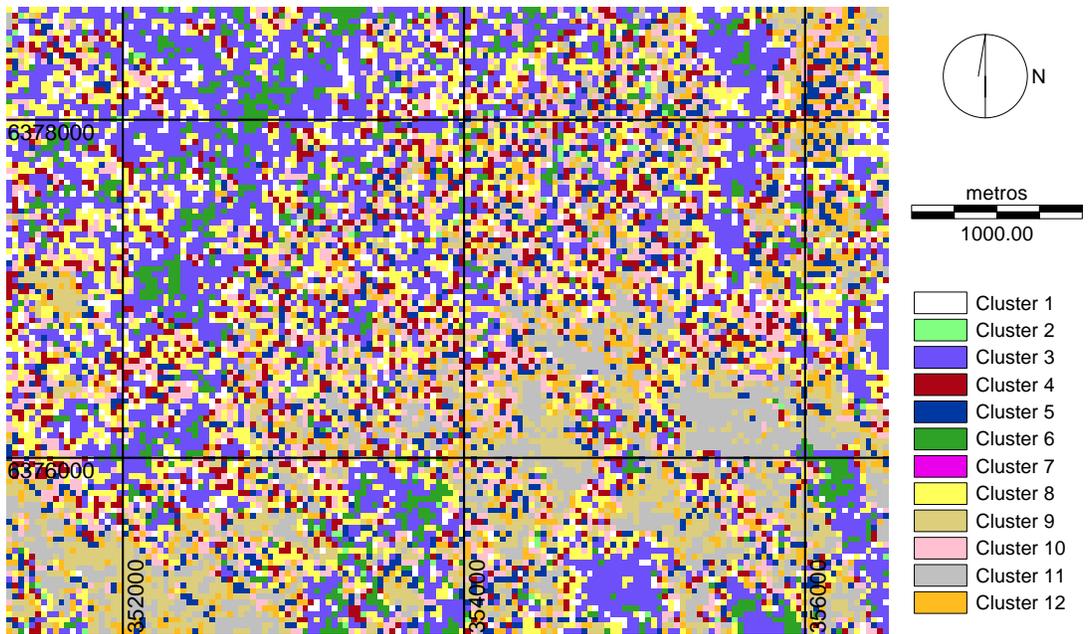


Figura 4.136 - Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 28/01/02. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175 °.



17/10/03 NDVI transf sul



17/10/03 Agrup NDVI transf sul

Agru	Clu 2	Clu 6	Clu 3	Clu 8	Clu 4	Clu 10	Clu 5	Clu 12	Clu 9	Clu 11	Clu 7
NDVI	0 - 57	58 - 76	77 - 98	102 - 113	114 - 120	121 - 129	130 - 135	136 - 140	141 - 148	149 - 179	200
N° píxeis	3.927	62.270	342.750	264.968	161.852	217.554	156.172	146.705	246.184	203.082	

Figura 4.137 - Local de amostragem sul em 17/10/03. (acima) NDVI (transformado); (abaixo) classificação por agrupamento da imagem NDVI (transformado).

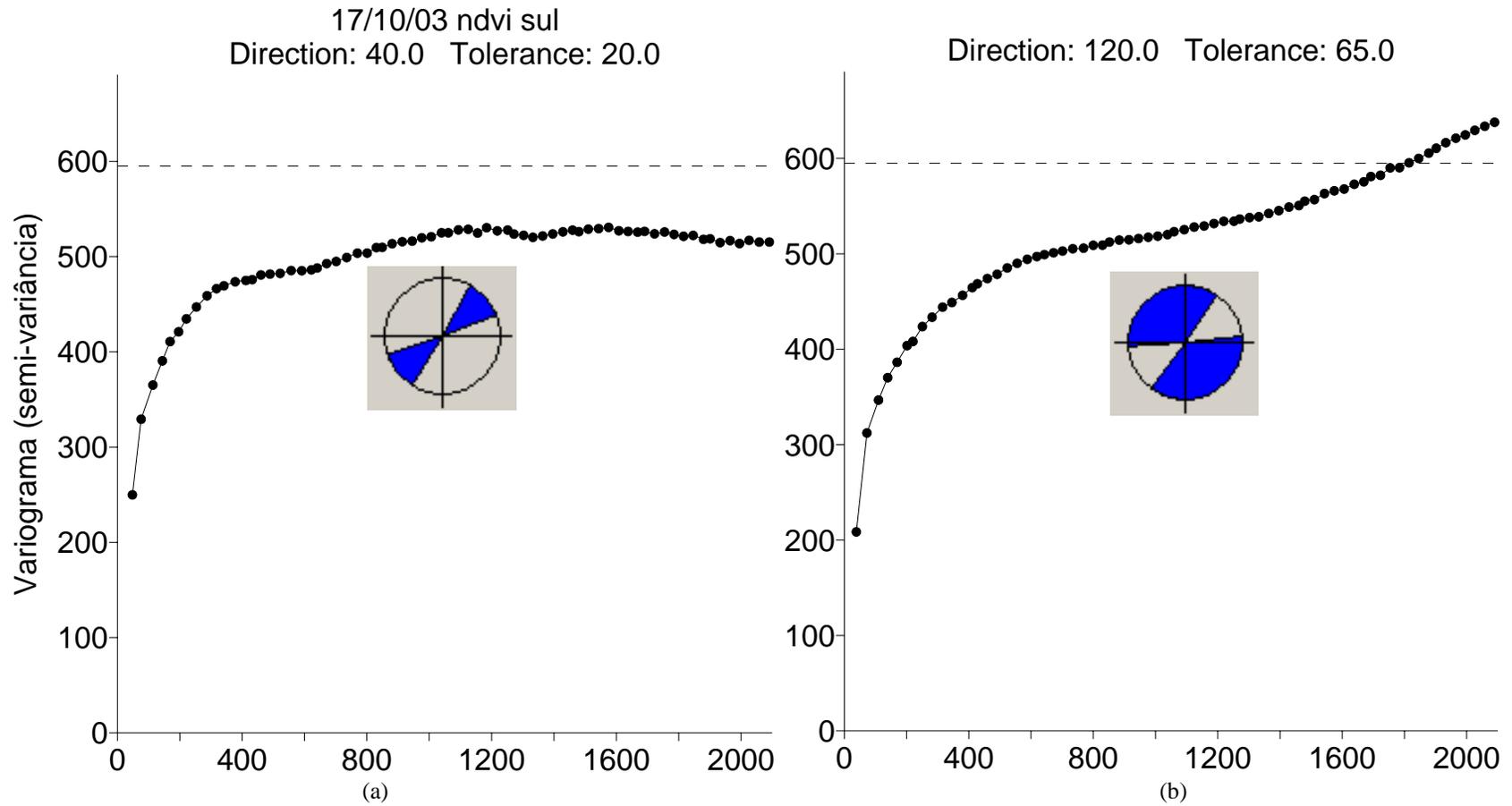


Figura 4.138 - Variogramas da janela sul na data de 17/10/03. (a) direções onde a semivariância alcança um patamar. (b) direções onde a semivariância não estabiliza.

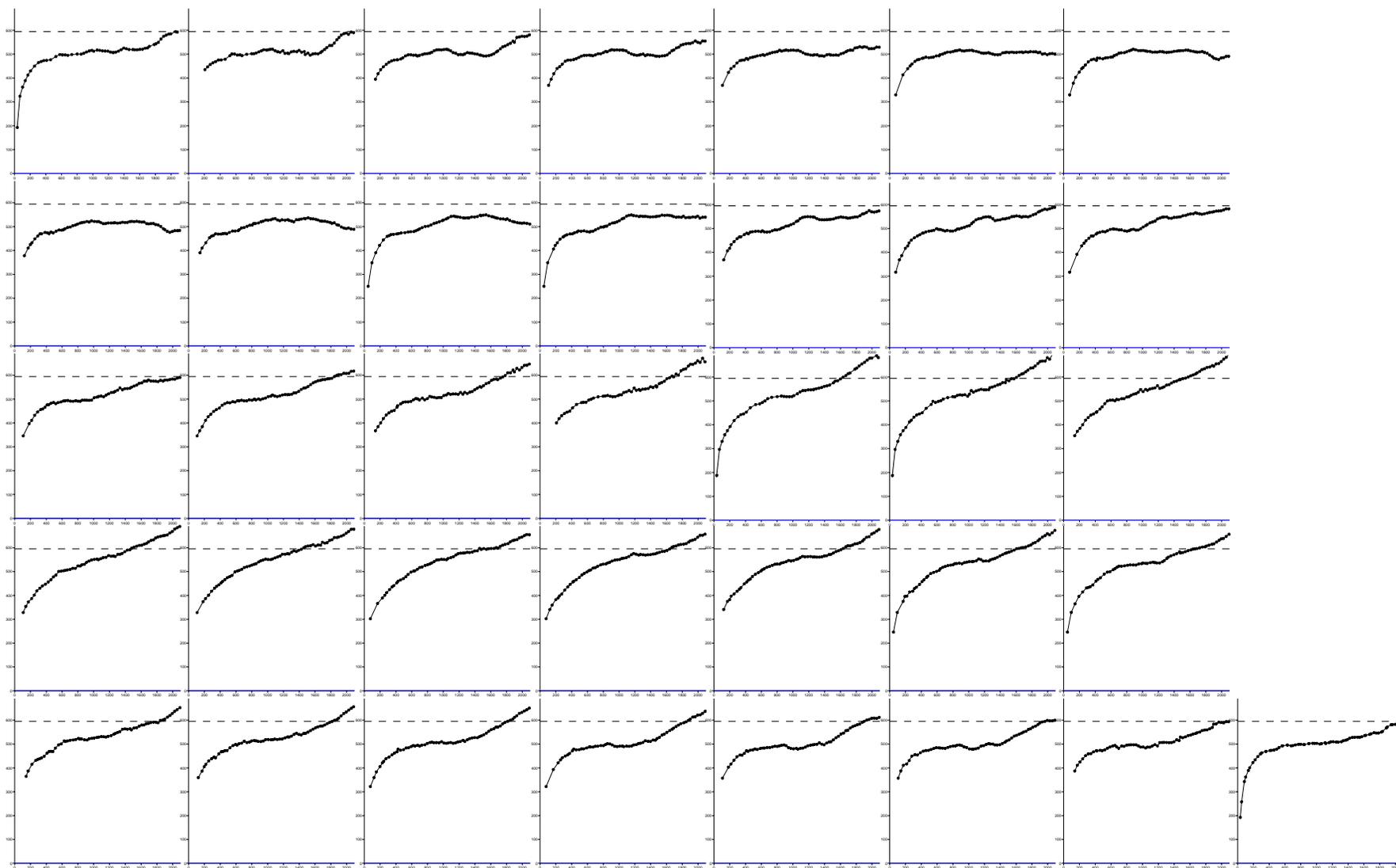


Figura 4.139. Semivariogramas da variável NDVI da janela sul da imagem de 17/10/03. Cada gráfico, da esquerda para a direita e de cima para baixo, representa um variograma direcional a cada 5°, com tolerância de 5°, de 0° até 175°.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente método de caracterização da continuidade espacial de uma variável qualquer, neste caso o NDVI de uma área de banhado, pela aplicação da análise de semivariogramas, pode ser utilizado como uma abordagem preliminar de avaliação do padrão da paisagem e da variabilidade espacial nestes ambientes com fins de definição de um delineamento de amostragem apropriado.

O que cabe ressaltar em função destas observações, é que a variografia tem um papel importante na quantificação e identificação da ocorrência ou não de patamares de variância, o alcance em que eles ocorrem quando ocorrem, assim como também na identificação das direções em que as diferentes condições acontecem. Estes parâmetros obtidos de variogramas experimentais são efetivos descritores do padrão espacial das amostras avaliadas.

Neste sentido, a definição de um esforço amostral que considere basicamente a característica de continuidade espacial da variável, ou seja, a autocorrelação dos dados no espaço, pode ser subsidiada pela variografia de uma variável num dada área.

O valor desta técnica poderia ser mais bem evidenciado se combinada com o conhecimento da resposta espectral das populações e comunidades, da autoecologia das espécies assim como da fitosociologia local, e com o conhecimento de modelos de

dinâmica de populações relacionados aos modelos hidrológicos.

Por fim, cabe ainda considerar que esta metodologia pode ser de grande auxílio nos estudos de LD em ecossistemas de banhados, pois se considera que uma série única em uma ou duas regiões, de um ecossistema variável no tempo e no espaço, de variografia variável para uma mesma região, podem efetivamente não ter representatividade e valor para inferência. A investigação da variabilidade local associado ao desenvolvimento de modelos teóricos de funcionamento do sistema entende-se que sejam fundamentais.

Neste sentido o uso de imagens de sensoriamento remoto, especificamente da variável NDVI, oferecem as condições para as investigações preliminares, geradoras de hipótese, no tempo e no espaço.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDICOTT, J.F., AHO, J.M., ANTOLIN, M.F., PADILLA, M.F., RICHARDSON, J.S., SOLUK, D.A. (1987). Ecological neighborhoods: scaling environmental patterns. *Oikos*, 49: 340-346.

ALLEN, T.F.H., HOEKSTRA, T.W. (1991). Role of heterogeneity in scaling of ecological systems under analysis. In: KOLASA, J., PICKETT, T.A. eds. Ecological Heterogeneity. Springer-Verlag, New York, p.47-68.

ANCTIL, F., MATHIEU, R., PARENTE, L., VIAU, A.A., SBIH, M., HESSAMI, M. (2002). Geostatistics of near-surface moisture in bare cultivated organic soils. *Journal of Hydrology*, 260: 30-37.

AUBRY, P., DEBOUZIE, D. (2000). Geostatistical estimation variance for the spatial mean in two-dimensional systematic sampling. *Ecology*, 8: 543-553.

BALL, G.H., HALL, D.J. (1965). A Novel Method of Data Analysis and Pattern Classification. Menlo Park, CA: Stanford Research Institute.

BARTLETT, M.S. (1964). The spectral analysis of two-dimensional point processes. *Biometrika*, 51: 299-311.

BELL, G., LECHOWICZ, M.J., APPENZELLER, A., CHANDLER, M., DEBLOIS, E., JACKSON, L., MACKENZIE, B., PREZIOSI, R., SCHALLENBERG, M., TINKER, N. (1993). The spatial structure of the physical environment. *Oecologia*, 96: 114-121.

BELLEHUMEUR, C., LEGENDRE, P. (1998). Multiscale sources of variation in ecological variables: modeling spatial dispersion, elaborating sampling designs. *Landscape Ecology*, 13: 15-25.

BENDAT, J.S., PIERSOL, A.G. (1986). Random Data – Analysis and Measurement Procedures. J. Wiley/Intersciences, New York.

BERKOWITZ, A.R., KOLOSA, K., PETERS R.H., PICKETT, S.T.A. (1989). How far in space and time can the results from a single long-term study be extrapolated? In: LIKENS, G.E. ed. Long-term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives. Springer-Verlag, New York, p.193-198.

BIGWOOD, D.W., INOUE, D.W. (1988). Spatial pattern analysis of seed banks: an improved method and optimized sampling. *Ecology*, 69: 491-501.

BINI, L.M., TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T., MATHEUS, C.E. (1997). Spatial variation of zooplankton groups in a tropical reservoir (Broa Reservoir, São

Paulo State-Brazil). *Hydrobiologia*: 357: 89-98.

BRADSHAW, G.A. (1998). Defining ecologically relevant change in the process of scaling up: applications for monitoring at the "landscape" level. In: PETERSON, D.L., PARKER, V.T. eds. Ecological scale – Theory and Applications. Columbia University Press, New York, p.227-249.

BRUS, D.J., DE GRUIJTER, J.J. (1997). Random sampling or geostatistical modelling? Choosing between design-based and model-based sampling strategies for soil (with discussion). *Geoderma*, 80: 1-44.

BRUS, D.J., SPÄTJENS, L.E.E.M., DE GRUIJTER, J.J. (1999). A sampling scheme for estimating the mean extractable phosphorus concentration of fields for environmental regulation. *Geoderma*, 89: 129-148.

BUCHMANN, F.S.C. Banhado do Taim e Lagoa Mangueira: Evolução Holocênica da Paleoembocadura da Lagoa Mirim. Porto Alegre: Curso de Pós-graduação em Geociências da UFRGS, 1997. 155 p. (Dissertação de Mestrado).

BURROUGH, P.A. (1981). Fractal dimensions of landscapes and other environmental data. *Nature*, 294: 240-242.

BURROUGH. P.A. (1987). Spatial aspects of ecological data. In: JONGMAN, R.H.G., TER BRAAK, C.J.F., VAN TONGEREN, O.F.R. eds. Data Analysis in Community and Landscape Ecology. Pudoc, Wageningen.

BURROUGH, P.A., VAN GAANS, P.F.M., HOOTSMANS, R. (1997). Continuous classification in soil survey: spatial correlation, confusion and boundaries. *Geoderma*, 77: 115-135.

CARPENTER, S.R., CHANEY, J.E. (1983). Scale of spatial pattern: four methods compared. *Vegetatio*, 53:153-160.

COCHRAN, W.G. (1963). Sampling Techniques. J.Wiley, New York.

CRESSIE, N.A. (1991). Statistics for Spatial Data. J.Wiley, New York.

CULLINAN, V.I., THOMAS, J.M. (1992). A comparison of quantitative methods for examining landscape pattern and scale. *Landscape Ecology*, 7: 211-227.

DALE, M.R.T. (1990). Two-dimensional analysis of spatial pattern in vegetation for site comparison. *Canadian Journal of Botany*, 68: 149-158.

DALE, M.R.T. (1999). Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology. Cambridge University Press, Cambridge.

DALE, M.R.T., BLUNDON, D.J. (1990). Quadrat variance analysis and pattern development during primary succession. *Journal of Vegetation Science*, 1: 153-164.

- DALE, M.R.T., BLUNDON, D.J. (1991). Quadrat covariance analysis and the scales of interspecific association during primary succession. *Journal of Vegetation Science*, 2: 103-112.
- DALE, M.R.T., BLUNDON, D.J., MACISACC, D.A., THOMAS, A.G. (1991). Multiple species effects and spatial autocorrelation in detecting species association. *Journal of Vegetation Science*, 2: 635-642.
- DALE, M.R.T., POWELL, T.M. (1994). Scales of segregation and aggregation of plants of different kinds. *Canadian Journal of Botany*, 72: 448-453.
- DALE, M.R.T., ZBIGNIEWICZ, M.W. (1995). The evaluation of multiscale pattern. *Journal of Vegetation Science*, 6: 391-398.
- DE GRUIJTER, J.J., TER BRAAK, C.F.J. (1990). Model-free estimation from spatial samples: a reappraisal of classical sampling theory. *Mathematical Geology*, 22: 407-415.
- DE GRUIJTER, J.J., TER BRAAK, C.J.F. (1992). Design-based versus model-based sampling strategies – comment. *Mathematical Geology*, 24: 7, p. 859-864.
- DENMAN, K.L., POWELL, T.M. (1984). Effects of physical process on planktonic ecosystems in the coastal ocean. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 22: 125-168.
- DNOS (DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS DE SANEAMENTO) (1966). Estudo Edafológico Complementar da viabilidade Técnico Econômica de Transformação em Irrigação da Região de TAIM (RS) – TOMO II, 110p.
- DUTILLEUL, P., LEGENDRE, P. (1993). Spatial heterogeneity against heteroscedasticity: an ecological paradigm versus statistical concept. *Oikos*, 66: 152-171.
- DUTILLEUIL, P. (1998a). Incorporating scale in ecological experiments: study design. In: PETERSON, D.L., PARKER, V.T. eds. Ecological Scale – Theory and Applications. Columbia University Press, New York, p.369-386.
- DUTTILLEUIL, P. (1998b). Incorporating scale in ecological experiments: data analysis. In: PETERSON, D.L., PARKER, V.T. eds. Columbia University Press, New York, p.387-425.
- EASTMAN, R.J. (2001) Reference Guide. Clark University, Clark Labs, The Idrisi Project. Worcester MA, USA. *Idrisi Source Code copyright © J. Ronald Eastman. Idrisi Production copyright © Clark University*. Web: <http://www.clarklabs.org>
- FORD, E.D., RENSHAW, E. (1984). The interpretation of process from pattern using two-dimensional spectral analysis: modeling single species patterns in vegetation. *Vegetatio*, 56: 113-123.

- FORTIN, M.J., DRAPEAU, P., LEGENDRE, P. (1989). Spatial autocorrelation and sampling design in plant ecology. *Vegetatio*, 83: 209-222.
- FORTIN, M.J., GUREVITCH, J. (1993). Mantel tests: Spatial structure in field experiments. Design and Analysis of Ecological Experiments. SCHEINER, S.M., GUREVITCH, J. Chapman & Hall: 342-359.
- GALIANO, E.F. (1982). Détection et mesure de l'hétérogénéité spatiale des espèces dans les pâturages. *Acta Oecologica/Oecologia Plantarum*, 3: 269-278.
- GALIANO, E.F. (1983). Detection of multi-species patterns in plant populations. *Vegetatio*, 53: 129-138.
- GALIANO, E.F. (1986). The use of conditional probability spectra in the detection of segregation between plant species. *Oikos*, 46: 132-138.
- GARDNER, R.H. (1998). Pattern, process, and the analysis of spatial scales. In: PETERSON, D.L., PARKER, V.T. eds. Ecological Scale – theory and applications. Columbia University Press, New York, 17-34.
- GEARY, R.C. (1954). The contiguity ratio and statistical mapping. *Incorp. Statist.*, 5: 115-145.
- GIBSON, D.J., GREIG-SMITH, P. (1986). Community pattern analysis: a method for quantifying community mosaic structure. *Vegetatio*, 66: 41-47.
- GIOVANNINI, S.G.T., MOTTA MARQUES, D.M.L. (em elaboração). *Scirpus californicus* x *Salvinia* spp. ...
- GIOVANNINI, S.G.T., MOTTA MARQUES. (em elaboração). Seedbanks...
- GOODALL, D.W. (1974). A new method for the analysis of spatial pattern by the random pairing quadrates. *Vegetatio*, 29: 135-146.
- GOODALL, D.W. (1978). Numerical classification. In: WHITAKER, R.H. ed. Classification of Plant Communities. Junk, The Hague.
- GOOVAERTS, P. (1998). Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. *Biol. Fertil. Soils*, 27: 315-334.
- GOOVAERTS, P. (1999). Geostatistics in soil science: state-of-art and perspectives. *Geoderma*, 89: 1-45.
- GOSSELINK, J.G., TURNER, R.E. (1977). The role of hydrology in freshwater wetland systems. In: GOOD, R.E., WHIGHAM, D.F., SIMPSON, R.L. eds. Freshwater Wetlands Ecological Processes and Management Potential. Academic Press, San Diego, p.63-78.

- GREIG-SMITH, P. (1952). The use of random and contiguous quadrates in the study of structure in plant communities. *Annals of Botany*, 16: 293-316.
- GREIG-SMITH, P. (1983). Quantitative Plant Ecology, 3rd ed. University of California Press, Berkeley.
- GROENIGEN, J.W.v., SIDERIUS, W., STEIN, A. (1999). Constrained optimisation of soil sampling for minimisation of the kriging variance. *Geoderma*, 87: 239-259.
- GROSS, K. L., PREGITZER, K.S., BURTON, A.J. (1995). Spatial variation in nitrogen availability in three successional plant communities. *Journal of Ecology*, 83: 357-367.
- GUSTAFSON, E.J. (1998). Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of art? *Ecosystems*, 1: 143-156.
- HANSEN, M.H., MADOW, W.G., TEPPING, B.J. (1983). An evaluation of model-dependent and probability-sampling inferences in sample surveys. *Journal of the American Statistics Society*, 78: 776-807.
- HARGROVE, W.W., PICKERING, J. (1992). Pseudoreplication: a *sine qua non* for regional ecology. *Landscape Ecology*, 6: 251-258.
- HE, F., LEGENDRE, P., BELLEHUMEUR, C., LAFRANKIE, J.V. (1994). Diversity pattern and spatial scale: a study of a tropical forest of Malaysia. *Environ. Ecol. Stat.*, 1: 265-286.
- HEWITT, J.E., THRUSH, S.F. CUMMINGS, V.J., TURNER, S.J. The effect of changing sampling scales on our ability to detect effects of large-scale processes on communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 227: 251-264.
- HILL, M.O. (1973). The intensity of spatial pattern in plant communities. *Journal of Ecology*, 61: 225-235.
- HOLLING, C.S. Cross-scale morphology, geometry, and dynamics of ecosystems. *Ecological Monographs*, 62: 447-502.
- HOOSBEEK, M.R. (1998). Incorporating scale into spatio-temporal variability: applications to soil quality and yield data. *Geoderma*, 85: 113-131.
- HURLBERT, S.H. (1984). Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54: 187-211.
- HURLBERT, S.H. (1990). Spatial distribution of the montaine unicorn. *Oikos*, 58: 257-271.
- HUTCHINSON, G.E. (1953). The concept of pattern in ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105: 1-12.

- JENKINS, G.M., WATTS, D.G. (1969). Spectral Analysis and Its Application. Holden-Day, San Francisco.
- JONSSON, B.G., MOEN, J. (1998). Patterns in species associations in plant communities: the importance of scale. *Journal of Vegetation Science*, 9: 327-332.
- KALTON, G. (1981). Models in the practice of survey sampling. In: *Proceedings of 43rd Session of the International Statistical Institute*, Buenos Aires.
- KEMPTHORNE, O. (1952). The Design and Analysis of Experiments. Robert E. Krieger Publ.
- KENKEL, N.C. (1988). Spectral analysis of hummock-hollow pattern in a weakly minerotrophic mire. *Vegetatio*, 78: 45-52.
- KERSHAW, K.A. (1957). The use of cover and frequency in the detection of pattern in plant communities. *Ecology*, 38: 291-299.
- KERSHAW, K.A. (1962). Quantitative ecological studies from Landmannahellir, Iceland. III. The variation performance of *Carex bigelowii*. *Journal of Ecology*, 50: 393-399.
- KERSHAW, K.A. (1963). Pattern in vegetation and its causality. *Ecology*, 44: 377-388.
- KOENIG, W.D. (1999). Spatial autocorrelation of ecological phenomena. *Tree*, 14: 22-26.
- KUNIN, W.E. (1997). Sample shape, spatial scale and species counts: implications for reserve design. *Biological Conservation*, 82: 369-377.
- LAVOREL, S., LEBRETON, J.D., DEBUSSCHE, M., LEPART, J. (1991). Nested spatial patterns in seed bank and vegetation of Mediterranean oil fields. *Journal of Vegetation Science*, 2: 367-376.
- LEGENDRE, P., FORTIN, M.J. (1989). Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio*, 80: 107-138.
- LEGENDRE, P. (1993). Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? *Ecology*, 74: 1659-1673.
- LEGENDRE, P., LEGENDRE, L. (1998). Numerical Ecology. Elsevier, Amsterdam.
- LEPS, J. (1990). Comparison of transect methods for the analysis of spatial pattern. In: KRAHULEC, F., AGNEW, A.D.Q., AGNEW, S., WILLEM, J.H. eds. Spatial Processes in Plant Communities. Academia Press, Prague, p.71-82.
- LEVIN, S.A. (1992). The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*, 73: 1943-1967.

- LEWIS, W.M.Jr. (1978). Comparison of temporal and spatial variation in the zooplankton of a lake by means of variance components. *Ecology*, 59: 666-671.
- LIN, Y., TENG, T. (2000). Comparing effects of different sizes of aggregation on spatial structure of remotely sensed data. In Proceedings of Asian Conference on Remote Sensing. GISdevelopment.net → AARS →ACRS 2000 → Poster Session.
- LOEHLE, C., LI, B.L. (1996). Statistical properties of ecological and geologic fractals. *Ecological Modelling*, 85: 271-284.
- LUDWIG, J.A., GOODALL, D.W. (1978). A comparison of paired- with blocked-quadrat variance methods for the analysis of spatial pattern. *Vegetatio*, 38:49-59.
- NARUMALANI, S., RUNDQUIST, D. C., MAEDER,J., PAYTON, S. (1999) Characterizing patterns and trends of wetland vegetation using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). in *Proceedings of Asian conference on Remote Sensing*. Gisdevelopment.net → AARS → ACRS 1999 → Water resources.
- MEDIONDO, E. M., NEIFF, J.J., DEPETTRIS, C.A. (2000). Eco-hydrology of wetlands aided by remote sensing – A case study with the REVIVE’s GOALS initiative. *New Trends and Environmental Engineering for Safety and Life*. 1-9.
- MENDES, C.A.B., CIRILO, J.A. (2001). Geoprocessamento em Recursos Hídricos – Princípios, Integração e Aplicação. Coleção Geoprocessamento v.1. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto alegre.
- MILNE, B.T. (1991) Spatial aggregation and neutral models in fractal landscapes. *The American Naturalist*, 139: 32-57.
- MORAN, P.A.P. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 37: 17-23.
- MORISITA, M. (1954). Estimation of population density by spacing method. *Mem.Fac.Sci. Kyushu Univ.* 2: 187-197.
- MORISITA, M. (1959a). Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distribution pattern. *Mem.Fac.Sci. Kyushu Univ.*, 2: 215-235.
- MORISITA, M. (1959b). Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem.Fac.Sci. Kyushu Univ.*, 3: 65-80.
- MOTTA MARQUES, D.M.L., VILLANUEVA, A.H. (2001). Regime hidrológico de banhados e sua conservação. *Caderno de Pesquisa da Série Biologia*, v.13, 1:63-79.
- NOY-MEIR, I., ANDERSON, D. (1971). Multiple pattern analysis or multiscale ordination: towards a vegetation hologram. In: PATIL, G.P., PIELOU, E.C., WATER, W.E. eds. Statistical Ecology – Populations, Ecosystems and Systems Analysis. Pennsylvania State University Press, p.207-232.

O'MUIRCHEARTAIGH, C., WONG, S.T. (1981). The impact of sampling theory on survey sampling practice: a review. In: *Proceedings of the 43rd Session of the International Statistical Institute*, Buenos Aires.

PALMER, M.W. (1988). Fractal geometry: a tool for describing spatial patterns of plant communities. *Vegetatio*, 75: 91-102.

PAZ, R. A.(2003). Análise dos principais fatores intervenientes no comportamento do hidrodinâmico do Banhado do Taim. Porto alegre: UFRGS, IPH-UFRGS (Dissertação de Mestrado) 134 p.

PETTITT, A.N., McBRATNEY, A.B. (1993). Sampling designs for estimating spatial variance components. *Appl. Statist.*, 42: 185-209.

PHILLIPS, J.D. 1985. Measuring complexity of environmental gradients. *Vegetatio* 64:95-102.

PINEL-ALLOUL, B. (1995). Spatial heterogeneity as multiscale characteristic of zooplankton community. *Hydrobiologia*, 300/301: 17-42.

PLATT, T., FILLION, C. (1973). Spatial variability of the productivity: biomass ratio for phytoplankton in small marine basin. *Limnol. Oceanogr.*, 18: 743-749.

POWELL, T.M. (1989). Physical and biological scales of variability in lakes, estuaries, and the coastal ocean. In: ROUGHGARDEN, J., MAY, R.M., LEVIN, S.A. eds. Perspectives in Ecological Theory. Princeton University Press, Princeton, p.157-176.

RAMSEY III, E. W., SAPKOTA, S. K., BARNES, F. G., NELSON, G. A. (2002). Monitoring the recovery of juncus roemerianus marsh burns with the normalized difference vegetation index and Landsat Thematic Mapper. *Wetlands Ecology and Management*, 10: 85-96.

RASMUSSEN, P.W., HEISEY, D.M., NORDHEIM, E.V., et al. (1993). Time-series intervention analysis: Unreplicated large-scale experiments. Design and Analysis of Ecological Experiments. S. M. SCHEINER, GUREVITCH, J. Chapman & Hall: 138-158.

RENSHAW, E., FORD, E.D. (1984). The description of spatial pattern using two-dimensional spectral analysis. *Vegetatio*, 56: 75-85.

RIPLEY, B.D. (1981). Spatial Statistics. J.Wiley, New York.

RICHARDS, J.A. (1986). Remote Sensing Digital Image Analysis – An Introduction. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

ROBERTSON, G.P. (1987). Geostatistics in ecology: interpolation with known variance. *Ecology*, 68: 744-748.

ROSSI, R.E., MULLA, D.J., JOURNEL, A.G., FRANZ, E.H. (1992). Geostatistical

tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*, 62: 277-314.

ROUSSE, J.W., HASS, R.H., SCHELL, J.A., DEERING, D.W. (1973) Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In ERTS SYMPOSIUM, 3. NASA 351, p.309-317.

SÄNDARL, C.E. (1978). Design-based and model-based inference in survey sampling. *Scandinavian Journal of Statistics*, 5: 27-52.

SANDERSON, E.W., ZHANG, M., USTIN, S.L., REJMANKOVA, E. (1998). Geostatistical scaling of canopy water content in a California Salt Marsh. *Internet* : 1-14.

SCHEINER, S.M. (1992). Measuring pattern diversity. *Ecology*, 73: 1860-1867.

SCHNEIDER, D.C. (1994). Quantitative Ecology Spatial and Temporal Scale. Academic Press, San Diego.

SERRE, M.L., CHRISTAKOS, G. (1999). Modern geostatistics: computational BME analysis in the light of uncertain physical knowledge – the Equus Beds study. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 13: 1-26.

SISKA, P. P., Hung, I. K. (2001). Geospatial analysis of reflectance and NDVI values in the angelina Forest Ecosystem. In Proceedings of The Third International conference on Geospatial Information in Agriculture and forestry, Denver colorado, 5-7 november 2001.

SIMON, H.A. (1962). The architecture of complexity. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 106: 467-482.

SMITH, T.M.F. (1976). The foundations of survey sampling: a review (with discussion). *Journal of the Royal Statistical Society*, 139: 183-204.

SOKAL, R.R., ODEN, N.L. (1978a). Spatial autocorrelation in biology: I. Methodology. *Biological Journal of the Linnean Society*, 10: 199-228.

SOKAL, R.R., ODEN, N.L. (1978b). Spatial autocorrelation in biology: II. Some biological applications of evolutionary and ecological interest. *Biological Journal of the Linnean Society*, 10: 229-249.

STEIN, A. (1998). Analysis of space-time variability in agriculture and the environment with geostatistics. *Statistica Neerlandica*, 52: 18-41.

STOHLGREN, T.J. (1995). Planning long-term vegetation studies at landscape scales. Ecological Time Series. T.M. POWELL, STEELE, J.H. eds. Chapman & Hall: 209-241.

TAYLOR, L.R. (1989). Objective and experiment in long-term research. In: LIKENS, G.E. ed. Long-term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives. Springer-Verlag,

New York, p.20-71.

TILMAN, D. (1989). Ecological experimentation: strenghts and conceptual problems. In: LIKENS, G.E. ed. Long-term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives. Springer-Verlag, New York, p.136-169.

TURNER, M.G., O'NEILL, R.V., GARDNER, R.H., MILNE, B.T. (1989). Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, 3: 155-162.

UNDERWOOD, A.J., CHAPMAN, M.G. (1998). A method for analysing spatial scales of variation in composition of assemblages. *Oecologia*, 117: 570-578.

VER HOEF, J.M., CRESSIE, N. (1993). Spatial statistics: Analysis of field experiments. Design and Analysis of Ecological Experiments. SCHEINER, S.M., GUREVITCH, J. Chapman & Hall: 319-341.

VER HOEF, J.M., CRESSIE, N., GLENN-LEWIN, D.C. (1993). Spatial models for spatial statistics: some unification. *Journal of Vegetation Science*, 4: 441-452.

VER HOEF, J.M., GLENN-LEWIN, D.C. (1989). Multiscale ordination: a method for detecting pattern at several scales. *Vegetatio*, 82: 59-67.

VILLANUEVA, A. H. (1997). Simulação de áreas de inundações dinâmicas: canais compostos e wetlands. Porto Alegre: UFRGS, IPH-UFRGS. 125p. (Tese de Doutorado)

WESTERN, A.W., BLÖSCHL, G. (1999). On the spatial scaling of soil moisture. *Journal of Hydrology*, 217: 203-224.

WIENS, J.A. (1989). Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology*, 3: 385-397.

YATES, F. (1948). Systematic sampling. *Phil. Trans. Roy. Soc.* , 241: 345-377.

