

II-241 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA VINHAÇA APLICADA COM SISTEMAS DE ASPERSÃO EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Carlos Alberto Machado Chuba⁽¹⁾

Engenheiro de Produção pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Mestre em Recursos Naturais pela UEMS/MS.

Laércio Alves de Carvalho⁽²⁾

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela ESALQ/USP.

Nélison Ferreira Corrêa⁽³⁾

Estudante de Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS).

Débora Yamamoto Bonacina⁽¹⁾

Estudante de Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS).

Endereço⁽¹⁾: Cidade Universitária de Dourados, Caixa postal 351 - Dourados - MS - CEP: 79804-970 - Brasil - Tel: (67) 3902-2517 - e-mail: carloschuba@gmail.com

RESUMO

A cadeia sucroalcooleira no Brasil existe de longas datas, possuindo várias fases e eventos, confundindo-se até mesmo com a história do Brasil. O setor encontra-se em processo de implantação de novas unidades deslumbrando aumento no consumo. O Estado de Mato Grosso do Sul torna-se competitivo devido a incentivos fiscais, clima, solo ideal para o cultivo e topografia para o plantio e colheita mecanizada sem queima. A ampliação da produção promove aumento considerável da produção de resíduos, principalmente da vinhaça. A reutilização deste subproduto do processo industrial torna-se necessário por fatores ambientais e econômico, utilizado como fonte de nutrientes do canavial. O objetivo deste trabalho foi propor um método de avaliação da uniformidade de aplicação de vinhaça, em áreas de cana de açúcar, empregando ferramentas estatísticas e geoestatística, visando auxiliar a existência ou não de homogeneidade. Método proposto de coleta utilizou 40 pontos georeferenciado posicionado em oito colunas e cinco linhas, cada ponto foi instalado um pluviômetro portátil entre a mangueira do carretel enrolador de aplicação de vinhaça. Após passagem do carretel foi anotada a quantidade observada na graduação dos pluviômetros e os dados foram submetidos a análises estatísticas e geoestatística. Constatou-se que as áreas não possuíam homogeneidade de aplicação, excetuando a área oito. As mesmas apresentaram doses diferentes dos 20 mm estipulado pela usina, necessitando ferramentas que promovam maior eficiência durante a aplicação. Os parâmetros dos modelos ajustados dos semivariogramas das aplicações de vinhaça no canavial apresentou forte dependência espacial, com ajuste principal ao modelo esférico. As distâncias a serem instalados os pontos de amostragem para futuros experimentos, ainda pertencentes à região de dependência espacial, poderão ter alcance entre 12,10 a 75,40 metros, colaborando para a economia de recursos quando necessitar de novas avaliações. Verificou que o modelo geoestatístico foi eficiente nas projeções da continuidade para pontos não amostrados, constatando a ocorrência de áreas de aplicação heterogênea. Identificou-se a ocorrência de áreas com baixa aplicação conduzindo a gastos de recursos sem as devido controle de aplicação. A usina deverá investir em sistemas de controle da aplicação ao longo da safra, para maior eficiência da adubação por fertirrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Fertirrigação, Efluente, Geoestatística, Variabilidade espacial.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade tem sido motivo de discussões nos vários setores produtivos, não sendo diferente no agronegócio, onde tornou-se uma constante nos empreendimentos, principalmente na área agrícola, equilibrando-se em três pilares o social, o econômico e o ambiental.

As atividades humanas vêm utilizando os recursos naturais de forma indiscriminada, provocando intensa degradação do meio ambiente. Essas ações descontroladas sem planejamento estão ocasionando diminuição da

biodiversidade afetando a fauna e flora, contaminando a água e solo, fazendo com que haja comprometimento desses recursos no que tange a sua manutenção ao longo dos anos. (GOLDEMBERG & LUCON, 2007).

Diversos países aliados a instituições de pesquisas estão em buscas de outras fontes de energias menos poluentes e renováveis. Nesta vertente o Brasil está na dianteira com seu programa de biocombustíveis, com biodiesel e etanol. A procura por etanol, nas destilarias brasileiras, tem contribuído para o crescimento da produção, onde cerca de 60% de toda cana de açúcar produzida é transformada em álcool anidro ou hidratado.

Segundo Laime *et al.* (2011), com a expansão da produção de etanol ficou evidente a dimensão do problema residual nas agroindústrias canavieiras, principalmente pela quantidade de vinhaça geradas e os problemas ambientais potencial deste produto.

A expansão do setor no Brasil, principalmente do etanol, é promissora, com grandes vantagens tais como: muitas décadas de experiência em biocombustível; é maior produtor e o maior consumidor mundial; capacidade de expansão da produção por possuir terras disponíveis; domínio da tecnologia de produção, tanto na parte agrícola como industrial; baixos custos de produção.

Segundo Gutierrez *et al.* (2012), a instalação de novas usinas no Mato Grosso do Sul, optaram por áreas geograficamente estratégicas, priorizando escoamento de seus produtos, expandido para novas áreas de plantio de cana-de-açúcar, muitas vezes não levando em consideração os passivos ambientais, o que implica em pendências com relação às legislações ambientais vigentes (Federal, Estadual e Municipal) entre outros. Segundo o mesmo autor, existe a necessidade de uso de outros indicadores e metodologias para avaliar as necessidades ambientais, quando da elaboração de cenários de implantação de projeto do setor.

Por outro lado, segundo o Presidente Hollanda da Biosul (2012), a expansão vem ocorrendo de modo sustentável, ocupando apenas 3% (600 mil hectares) das terras agricultáveis do Estado de Mato Grosso do Sul, destas 87% eram áreas degradadas de pastagem para onde avança a expansão canavieira, possibilitando o sequestro de 260 mil toneladas de dióxido de carbono no solo nos últimos cinco anos. O setor com suas 22 plantas em operação, sendo 10 a menos de 100 km de Dourados, gera 29,5 mil empregos diretos e mais de 90 mil indiretos, destes 83% são permanentes, sendo o terceiro maior empregador do Estado e pagando o maior salário médio do setor agrícola.

A ampliação da produção do setor canavieiro e o crescimento do número de unidades produtivas promove um aumento considerável da produção de resíduos. A reutilização destes dejetos torna-se de grande interesse para as usinas principalmente pelo apelo ambiental e econômico.

Segundo Santa Cruz (2012), pouca atenção foi dada aos subprodutos deste setor, no entanto mudanças vêm ocorrendo onde cada vez mais há interesse em promover o aproveitamento comercial nos processos. Dentre os subprodutos que mais vêm ganhando destaque no setor encontra-se: o bagaço, a torta de filtro, as cinzas, a fuligem das caldeiras, a levedura, a vinhaça e a palha. Esses subprodutos passam a minimizar custos quando utilizados, como exemplo ocorre com a vinhaça na irrigação dos canaviais, fornecendo água no período de estiagem e minimizando a adubação química onerosa ao setor agrícola.

A vinhaça, principal subproduto oriundo da fabricação de etanol tanto pela quantidade expressiva produzida (aproximadamente 13 litros de vinhaça para 01 de álcool), como pelo seu potencial poluidor, composta principalmente de água (93%) e sólidos (7%) compreendendo matéria orgânica (75%) constituída de compostos orgânicos e elementos minerais, dos quais cerca de 20% de potássio (K), nutriente importante às plantas e determinante para a definição da dose a ser aplicada nos solos (MARQUES JUNIOR, 2008) e (LAIME *et al.*, 2011).

Segundo Peronico *et al.* (2010), esse efluente tem alto poder poluente, devido ao baixo pH, alta corrosividade e altos índices de demanda bioquímica de oxigênio, sendo altamente nocivo ao meio ambiente, por outro lado apresenta alto poder fertilizante, devido à presença de elementos essenciais para desenvolvimento das plantas e fonte de água por ser aplicado em períodos de estiagem. Assim tornam-se necessárias formas controladas de destinação dos dejetos oriundos da produção do álcool e açúcar, com o intuito de gerar uma imagem positiva junto ao seu mercado consumidor.

O objetivo deste trabalho foi propor um método de avaliação da uniformidade de aplicação de vinhaça, em áreas de cana de açúcar, empregando ferramentas estatísticas e geoestatística, visando auxiliar a existência ou não de homogeneidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área agrícola da Usina Eldorado - Grupo ETH Bioenergia S/A, localizada no município de Rio Brilhante, MS, e inserida na Bacia do Rio Paraná, sub-bacia do Rio Ivinhema, cujas coordenadas estão situadas a 21° 50' 52 de Latitude sul e 53° 57' 49" de Longitude oeste, com altitude média de 650 m.

O relevo local é plano a suavemente ondulado, com solo Argissolo Vermelho distrófico arênico (Embrapa, 2006). O clima da região é caracterizado tipo Aw, tropical de savana com período chuvoso concentrado no verão e estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação média de 1440 mm ao ano.

As áreas de pesquisa pertencem à fazenda São Joaquim, dividida em talhões, conforme Figura 4, onde são cultivadas com cana de açúcar, sendo praticada colheita mecanizada sem queima prévia, plantada com cana soca de quarto corte e aplicado vinhaça com o auxílio de canhão e carretel enrolador.

As amostras foram coletadas nos meses de agosto e setembro de 2011, na fazenda São Joaquim, distando aproximadamente nove quilômetros da usina Eldorado ETH, de onde a vinhaça é transportada por meio de canais mestres.

O método de coleta foi proposto para atender aos requisitos e número mínimo de pontos exigido para as análises geoestatística. Foram consideradas 8 áreas, sendo em cada uma delas distribuídos quarenta pontos em forma de malha, georreferenciados conforme Tabela 1, onde apresentam as coordenadas dos pontos iniciais, tomados como base para as projeções de todos os pontos da malha amostral.

Tabela 1: Dados referentes à localização das regiões de amostragens dos pluviômetros para a coleta das amostras de aplicação de vinhaça.

Localização das Amostras					
Data	Amostra	Setor	Talhão	Coordenadas	Coordenadas
16/08/11	1	04	48	0190700	7582579
18/08/11	2	04	51	0190056	7582861
19/08/11	3	02	27	0193974	7583172
25/08/11	4	02	21	0193921	7579073
26/08/11	5	08	109	0119105	7578597
31/08/11	6	08	105	0193921	7579073
10/09/11	7	16	170	805514	7577800
20/09/11	8	16	181	n/c	n/c

A coleta consistiu em posicionar os quarenta pluviômetros entre a mangueira do sistema de irrigação da vinhaça, com o auxílio de estacas de fixação. Em cada linha foram instalados oito pluviômetros de oito em oito metros, com espaçamento entre linhas de cinquenta metros, com cinquenta metros de bordadura nos pontos iniciais e finais, segundo , conforme esquema da Figura 1. No período de coleta do experimento foram realizadas em oito áreas distintas e escolhidas aleatoriamente.

As oito áreas pesquisadas possuíam, cada uma delas, forma retangular com duzentos metros de comprimento e cinquenta e seis metros de largura, perfazendo em cada amostra uma área total de aproximadamente 11200 m². A distribuição dos pontos dentro da área experimental foi realizada na forma de grade com oito colunas e cinco linhas, onde os pontos se distanciaram em oito metros entre si no eixo X e cinquenta metros no eixo Y, possibilitando assim uma representação de toda a área.

A aplicação de vinhaça na área em pesquisa foi realizada pelas frentes de trabalho da Usina Eldorado - Grupo ETH Bioenergia S/A, cuja indicação descrita pela usina para aplicação em campo foi de vinte milímetros (20

litros/m²), o que corresponde a aproximadamente duzentos metros cúbicos por hectare (200 m³/ha), em áreas pré-definidas conforme cronograma da usina em três turnos ininterruptos.

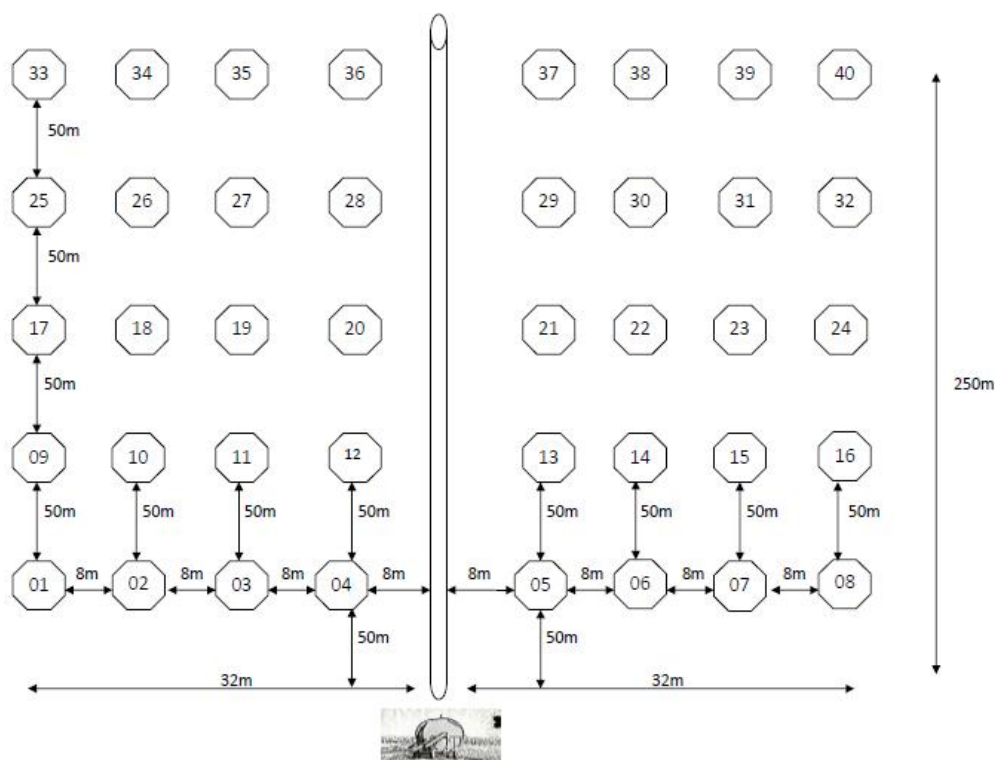


Figura 2: Esquema de posicionamento dos pluviômetros no procedimento de coleta da malha nas amostras das áreas de aplicação de vinhaça da Usina Eldorado - Grupo ETH Bioenergia S/A..

As ferramentas da estatística clássica foram utilizadas nos dados brutos para as análises de assimetria, curtose, amplitude, média, desvio padrão, coeficiente de variação, erro padrão, ambas calculadas com o auxílio do programa software BioEstat (5.3).

Assim após a análise descritiva, as técnicas geoestatísticas foram empregadas na construção de semivariogramas experimentais, considerando o maior R^2 (coeficiente de determinação) e o menor SQR (soma de quadrados do resíduo) parâmetro utilizado pelo programa GS+ como ajuste. Obtendo o grau de dependência espacial das quantidades de aplicação da vinhaça no canavial, correlacionando a dependência dos modelos de campo com os modelos teóricos, por meio dos semivariogramas e ajustando a um dos modelos tradicionais: esférico, exponencial, linear e o gaussiano.

Os dados processados pelo GS+, originaram o semivariograma experimental gerando os parâmetros: Efeito pepita (Co), Alcance (a) e Patamar (C), além do formato da curva que melhor ajusta aos pontos experimentais na região, os quais caracterizam os aspectos da dependência espacial dos modelos.

RESULTADOS

Conforme Tabela 2, podemos considerar os coeficientes de variação (CV) das amostras A3, A4, A5 e A8, como sendo menor que 35%, conforme Ortiz (2003) e Marques Jr (2008) mostrando que para estas amostras o valor de CV é baixo, sendo aceito devido aos experimentos serem provenientes de dados de campo, assim são classificados como homogêneo e as médias tem significado representativo. Por outro lado as amostras A1, A2, A6 e A7 possuem valores de CV entre 35% e 65%, o qual a literatura classifica como heterogêneo e as médias possuem pouco significado.

A média é uma medida de tendência central bastante influenciada pelos valores extremos, assim não é suficientemente adequada para uso quando existe muita distorção de normalidade, o que ocorre com algumas amostras. A Mediana por outro lado, não está sujeita a problemas de valores extremos, porém pode não

representar confiavelmente os dados se estes estiverem agrupados com valores concentrados a esquerda ou a direita da amostra. Considerando que os valores da média e mediana estão relativamente próximas, predizendo que os dados possuem simetria e normalidade, exigida na estatística convencional (COSTA NETO, 2002).

Tabela 2- Indica os valores dos momentos estatísticos das amostras em milímetros de vinhaça colhido em canal de Mato Grosso do Sul.

Amostra	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Mediana	18.00	18.00	30.00	22.00	20.00	15.50	10.00	20.00
Média Aritmética	18.74	17.91	29.24	22.21	21.44	16.83	12.19	20.86
Desvio Padrão	7.64	9.46	5.02	3.69	5.35	10.06	7.47	1.86
Variância	58.32	89.43	25.23	13.62	28.63	101.30	55.75	3.47
Coefficiente de Variação	0.41	0.53	0.17	0.17	0.25	0.60	0.61	0.09

Conforme observado na Tabela 2, as amostras apresentam os valores de média e desvio padrão com valores mínimos de $12,19 \pm 7,47$ mm para a amostra 07 e máximos de $29,24 \pm 5,02$ mm para a amostra 03.

Os dados submetido à estatística convencional, conduz a considerar que todas as aplicações estão dentro dos limites recomendados de fertirrigação pela usina (20 mm). Observando as médias e seus respectivos desvios padrões, por seu princípio, os valores alcançariam a recomendação da usina, com exceção da amostra 03 que estaria acima das especificações de aplicações, mesmo considerando o menor valor possível para o desvio padrão.

Assim se utilizássemos a média e o desvio padrão da estatística clássica, poderia dizer que a fertirrigação está dentro das especificações, ou seja, se a usina esta indicando a aplicação de 20 mm de vinhaça, as quantidades estariam dentro dos limites de média e mais ou menos um desvio padrão, o que é aceitável pela estatística clássica, sendo considerada como homogênea a aplicação de vinhaça, o que não é real conforme demonstrados pelo método de krigagem.

Considerando as medianas da Tabela 2, a qual não é por definição tão sensível aos pontos discrepantes ou valor atípico (outlier), verificamos que as amostras 01, 02 e 04 possuem valores próximos ao recomendado e valores idênticos ao recomendado para as amostras 05 e 08. Evidenciando que existem exceções nas amostras 03, 06 e 07, o que contraria o observado pela média, mostrando que a aplicação não é homogênea.

A medida de variação amplitude total, sendo a diferença entre o maior valor e o menor valor medido, demonstra que existe uma grande variação, como na amostra 06 onde a amplitude foi de 45,00 mm e a amostra 07 com 30,00 mm, observando valores muito altos para uma aplicação que se espera homogênea, as quais deveriam estar próxima dos valores da amostra 08 com amplitude de 10,00 mm, conduzindo a observações de que existem variações grande entre os pontos na mesma amostra. Essa tendência pode ser visualizadas na Tabela 10 e confirmados pelos pontos de máximo e mínimo.

Analisando os semivariogramas, com o auxílio do programa GS⁺ (Geostatistics for the Environmental Sciences, version 7.0), não foram identificado nenhuma anisotropia, isto é, não houve preferência em nenhuma direção, sendo que a variabilidade espacial ocorreu de forma idêntica em todas as direções, confirmando que todas as amostras são isotrópicas.

Os estudos de continuidade espacial dos dados amostrados, após a construção do semivariogramas experimentais, calculados nas principais direções (00, 45, 90 e 135 graus), caso em que os semivariogramas apresentaram comportamento semelhante em todas as direções testadas no programa GS⁺ (Geostatistics for the Environmental Sciences, version 7.0), configurando que as amostras possuem comportamento isotrópico, conforme descrito em Guimarães, (2004).

Os semivariogramas visualizados na Figura 2, construídos através dos ajustes dos dados aos modelos teóricos, mostrou que todas as amostras possuem dependência espacial, podendo ser classificados como transitivos ou com patamar, conforme Camargo (2001) *apud* Isaaks & Srivastava, (1989) e ajustados aos modelos esférico ou exponencial.

O semivariograma mostrou o maior patamar (134,40) foi ajustado com um efeito pepita (0,01), um modelo esférico e alcance (37,20) e o de menor patamar foi (3,52) ajustado com efeito pepita (0,23), com modelo esférico e alcance (12,10). Os demais dados podem ser visualizado nos semivariograma da Figura 2.

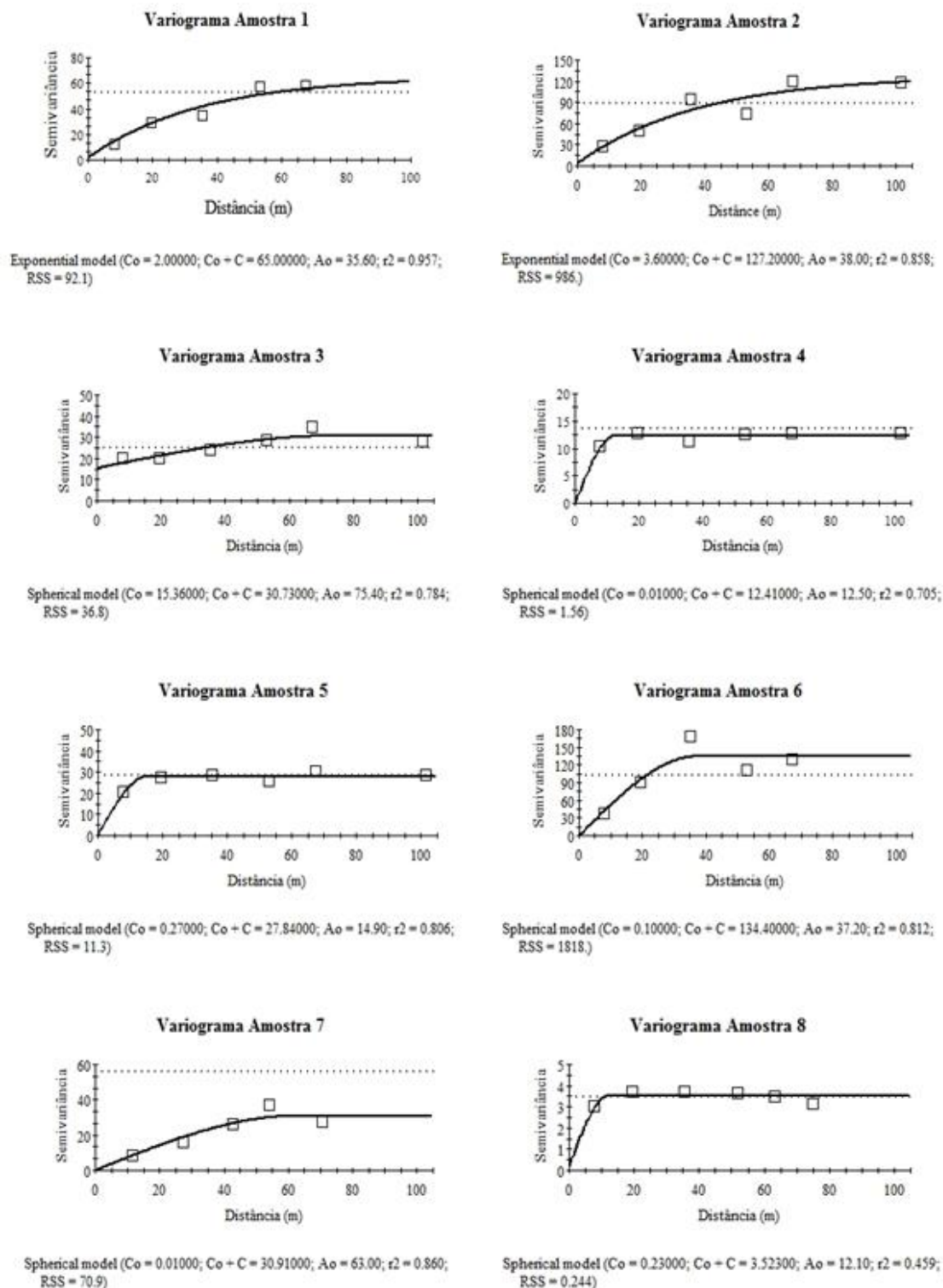


Figura 2 - Modelagem dos semivariogramas obtidos a partir dos dados experimentais.

Um parâmetro ponderado durante a comparação dos modelos foi o efeito pepita, que segundo Baú *et al.* (2006), mostra a confiabilidade nas medições de coleta dos dados e detecta erros quando existem grandes intervalos entre as amostras no campo. Conforme descrito por Corá *et al.* (2004), o efeito pepita (C_0) representa a variância não explicada ou ao acaso, frequentemente causada por erros de medições ou variações dos atributos não detectadas na amostragem.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A metodologia proposta foi eficiente para visualizar de forma segura a uniformidade de aplicação de vinhaça em áreas de cana-de-açúcar;

Os parâmetros dos modelos ajustados dos semivariogramas das aplicações de vinhaça no canavial apresentou forte dependência espacial, com ajuste principal ao modelo esférico.

Verificou-se que a distância a serem instalados os pontos de amostragem para futuros experimentos, ainda pertencentes à região de dependência espacial, poderão ter alcance entre 12,10 metros a 75,40 metros, colaborando para a economia de recursos quando necessitar de novas avaliações.

Verificou que o modelo geoestatístico foi eficiente nas projeções da continuidade para pontos não amostrados da aplicação de vinhaça, constatando a ocorrência de áreas de aplicação heterogênea.

A usina deverá investir em sistemas de controle da aplicação ao longo da safra, para conseguir os efeitos desejados da adubação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAÚ, ANTONIO LUIZ; GOMES, BENEDITO MARTINS; QUEIROZ, MANOEL MOISES FERREIRA DE; OZAPO, MIGUEL ANGEL; SAMPAIO, SILVIO CÉSAR. Comportamento Espacial da Precipitação Pluvial Mensal Provável da Mesoregião Oeste do Paraná. Irriga Botucatu. V.11, n.2, pg. 150-168, Botucatu, 2006.
2. BIOSUL - Associação dos Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul, Presidente Roberto Hollanda Filho - Disponível em: <http://www.biosulms.com.br/perfnoticia.php?not=1078>. Acesso em 20/11/2012.
3. CAMARGO, E. C. G. ; FELGUEIRAS, C. A. ; MONTEIRO, A. M. V. . A Importância da Modelagem da Anisotropia na Distribuição Espacial de Variáveis Ambientais Utilizando Procedimentos Geoestatísticos. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 395-402. São José dos Campos: INPE, 2001.
4. CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 28, núm. 6, 2004, pg. 1013-1021; Viçosa-MG, Brasil, 2004.
5. COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira. Estatística. Editora Edgard Brucher, 226p. 2002.
6. GOLDEMBERG, JOSÉ & LUCON, OSWALDO - Energia e meio ambiente no Brasil - <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142007000100003> - Estudos Avançados, vol.21 no.59 São Paulo, 2007.
7. GUIMARÃES, EDNALDO CARVALHO; **Geoestatística Básica e Aplicada**; Núcleo de Estudos Estatísticos e Biométricos, 74pg - Universidade Federal de Uberlândia - Uberlândia-MG, 2004.
8. GUTIERREZ, LORENA AVELINA ROJAS; SILVA, DIEGO CORREIA DA; CASADEI, JULIANA DE MENDONÇA; ABREU, WILSON FRANCISCO DE SOUZA; SILVA, LUCIANA FERREIRA DA; PEREIRA, JOELSON GONÇALVES; FACCENDA, ODIVAL; ALVES, MARIA APARECIDA MARTINS. Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro da Região Grande Dourados/MS: uma Análise Sob Unidades de Conservação. - Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, G&DR - v. 8, n. 2, p. 300-318, mai-ago/2012, Taubaté, SP, Brasil, 2012.
9. ISAAKS, E.H. & SRIVASTAVA, R.M. An introduction to applied geostatistics. 561p - New York, Oxford University Press, 1989.
10. MARQUES JÚNIOR, JOSÉ. SOUZA, ZIGOMAR MENEZES; PEREIRA, GENER TADEU, BARBIERI, DIOGO MAZZA. Variabilidade Espacial de Matéria Orgânica, P, K e CTC de um Latossolo

Cultivado com Cana-de-açúcar por Longo Período. REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA - Volume 8 - Número 1 – 2008.

11. LAIME, EDUARDO MACIEL OLIVEIRA; FERNANDES, PEDRO DANTAS; OLIVEIRA, DAYANE CRISTINE DE SOUZA; FREIRE, EPITÁCIO DE ALCÂNTARA. Possibilidades Tecnológicas Para A Destinação Da Vinhaça: Uma Revisão - Revista Trópica, Ciências Agrárias e Biológicas - V. 5, N. 3, pág. 16, 2011.
12. OLIVEIRA, MARIA CRISTINA NEVES DE. Métodos de estimação de parâmetros em modelos geoestatísticos com diferentes estruturas de covariâncias: uma aplicação ao teor de cálcio no solo. Tese de Doutorado, 140 pg. Esalq, Piracicaba, 2003.
13. PERONICO, VANESSA C. D. ; RIBEIRO, KAROLINE LANDGRAF; CESCIN, EMARINE; BATISTOTE, MARGARETH; CARDOSO, CLAUDIA A. L. Estudo Preliminar da Vinhaça Produzida em Mato Grosso do Sul para Aproveitamento como Fertilizante na Cultura de Cana-de-açúcar. 33a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), 2010.
14. SANTA CRUZ, Luiz Felipe Lomanto. Viabilidade técnica/econômica/ambiental das atuais formas de aproveitamento da vinhaça para o setor suco energético do Estado de São Paulo. 2011. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-04052012-104315/>>. Acesso em: 2012-11-22.