

**DINÂMICA ESPACIAL DO BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS
DANINHAS E DA FAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE CANA-DE-
AÇÚCAR**

EURICO HUZIWARA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
OUTUBRO - 2015**

**DINÂMICA ESPACIAL DO BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS
DANINHAS E DA FAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE CANA-DE-
AÇÚCAR**

EURICO HUZIWARA

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”.

Orientador: Prof. Silvério de Paiva Freitas

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
OUTUBRO – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCTA / UENF 21/2/2015

Huziwara, Eurico

Dinâmica espacial do banco de sementes de plantas daninhas e da fauna edáfica em áreas de cana-de-açúcar / Eurico Huziwara. – 2015. 111 f. : Il.

Orientador: Silvério de Paiva Freitas

Tese (Doutorado - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2015.

Bibliografia: f. 85 – 99.

1. Herbícidas 2. Geoestatística 3. Krigagem I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD- 632.5

**DINÂMICA ESPACIAL DO BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS
DANINHAS E DA FAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE CANA-DE-
AÇÚCAR**

EURICO HUZIWARA

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”.

Aprovada em 30 de outubro de 2015.

Comissão examinadora:

Prof. Reynaldo Tancredo Amim (D.Sc., Produção Vegetal) – IFF

Prof. Herval Martinho Ferreira Paes (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Fitotecnia) – UENF

Prof. Silvério de Paiva Freitas (D.Sc., Fitotecnia) – UENF
(Orientador)

Aos meus pais Eurico e Tamar;
À Minha esposa Juliana;
A Meu filho Manoel;
À Minha sobrinha Naara,
E à minhas irmãs Verônica e Tamar.
Dedico

AGRADECIMENTOS

Toda glória a Deus!

Agradeço aos meus pais, Eurico e Tamar, por me darem todo o apoio durante toda a minha vida, por todo o sacrifício que fizeram por mim para me dar educação, e principalmente pelo exemplo de pais dedicados, amigos e companheiros. Obrigado pai pelas palavras sábias nos momentos difíceis, obrigado mãe pelo amor incondicional. Vocês me deram força e amor para vencer. Amo vocês!

À minha esposa Juliana, companheira, lutadora, inteligente, sábia, linda, e a melhor mãe do mundo. Só você sabe o que passamos juntos nesta jornada. Você ilumina minha vida, exemplo de esposa e mãe, obrigado por tanto amor, pela nossa convivência diária e por me fazer ser um homem completo do seu lado. Te amo!

Ao meu filho Manoel, a principal fonte de inspiração! Uma criança cativante, feliz e abençoada. Olhar para você todo o dia me dá força e ânimo para vencer! Agradeço a Deus todo dia por você! Seu pai te ama muito!

À minha sobrinha Naara, menina linda, feliz, inteligente, abençoada. Que você continue sendo esta pessoa maravilhosa!

À Minhas irmãs Verônica e Tamar que mesmo de longe sempre torceram por mim e me orientaram a seguir o caminho certo. Obrigado por vocês me ajudarem, cada uma de um jeito diferente. Amo vocês!

Ao meu cunhado Elon pelas conversas, pelos conselhos e pelo exemplo;

Ao meu sogro Luíz e à sogra Vera, obrigado por tudo, e principalmente por terem me dado a sua filha como esposa;

À minha cunhada Lívia por ter convivido conosco e acompanhado de perto alguns momentos;

Ao meu orientador Silvério de Paiva Freitas que me acompanhou desde a minha graduação e acreditou e confiou no meu potencial. Professor, você é um exemplo de vida!! Obrigado pela orientação e pelo exemplo de educador!

Aos amigos que me ajudaram de alguma forma e ficarão sempre na memória, Ismael, José Francisco, Sílvia, Leonardo, Reynaldo, Herval, Alex, Tiago David (*in memorium*), Cláudio, Sílvio, Silvério Júnior, Juares, Glória e Cláudia;

Aos funcionários de campo da Unidade de Apoio à pesquisa, principalmente Cristiano e Luís Carlos pelo empenho e pela dedicação aos trabalhos no campo experimental;

Ao Prof Geraldo Gravina pelo acompanhamento dos meus trabalhos e pela participação na banca;

Agradeço a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Fitotecnia, Setor de Plantas Daninhas e Medicinais, pela oportunidade de realização deste curso;

E ao CNPq pela concessão da bolsa.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1. Banco de sementes de plantas daninhas.....	6
2.1.1. Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas no solo.....	8
2.1.2. Amostragens para o estudo do banco de sementes do solo.....	14
2.2. Geoestatística	15
2.2.1. Semivariograma	17
2.2.2. Krigagem.....	22
2.3. Fauna do solo	23
2.3.1. Influência dos agrotóxicos sobre a fauna do solo.....	25
3. TRABALHOS.....	32
3.1. AVALIAÇÃO ESPACIAL DO BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS DANINHAS UTILIZANDO TÉCNICAS GEOESTATÍSTICAS	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
INTRODUÇÃO.....	34
MATERIAL E MÉTODOS.....	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
3.2. DINÂMICA ESPACIAL DA FAUNA EDÁFICA UTILIZANDO TÉCNICA GEOESTATÍSTICA	63
RESUMO	63
ABSTRACT	64
INTRODUÇÃO	65
MATERIAL E MÉTODOS.....	66
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

4. RESUMOS E CONCLUSÕES	83
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

RESUMO

HUZIWARA, Eurico, D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Outubro de 2015. Dinâmica espacial do banco de sementes de plantas daninhas e da fauna edáfica em áreas de cana-de-açúcar. Prof. orientador: Silvério de Paiva Freitas.

As plantas daninhas são consideradas plantas que se propagam em lugares indesejáveis, causando prejuízos em diversos locais por competirem com as plantas de interesse humano, por água, luz, nutrientes e o espaço. Essas plantas geralmente têm elevada produção de sementes, eficiente dispersão, grande longevidade e uma característica especial que é a dormência. Essas particularidades favorecem a formação de grandes bancos de sementes no solo, garantindo um grande potencial regenerativo de várias espécies, mesmo na ausência de produção de sementes por longo período. Nos últimos anos e em paralelo ao desenvolvimento agrícola, houve um notável avanço em duas áreas: a topografia e geodésia, que com o surgimento da tecnologia GPS possibilitou a agricultura de precisão com maior utilização da área de informática. Dentre esses conhecimentos está a geoestatística que tem o objetivo de caracterizar a variabilidade espacial de variáveis regionalizadas a fim de identificar inter-relações dos atributos no espaço e no tempo. O conhecimento da comunidade de organismos presentes no solo é de grande

importância, pois estão em constante interação determinando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, sendo chamados de biota do solo. Objetivou-se avaliar o comportamento do banco de sementes de plantas daninhas e da fauna edáfica por meio de técnicas geoestatísticas. Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Nossa Senhora das Dores e na Fazenda Abadia. Foram coletadas 73 amostras de solos para avaliar o banco de sementes na Fazenda Nossa Senhora das Dores, em dois grids de amostragem. Na Fazenda Abadia foi estudado o comportamento da fauna edáfica, totalizando 44 amostras de solo. Para as plantas daninhas que obtiveram um índice de dependência espacial forte, os dados foram interpolados por krigagem, obtendo os mapas de infestação das seguintes espécies: *Commelina benghalensis* L. , *Chamaesyce hysopifolia* (L.) Small, *Mollugo verticillata* L., *Phyllanthus niruri* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers. e o total de propágulos no Grid 1, e as espécies *Emilia fosbergii* Nicolson, *Phyllanthus niruri* L. e *Cynodon dactylon* (L.) Pers no Grid 2. No estudo da fauna edáfica foram identificados 18 grupos na área experimental. Foram realizados estudos da dependência espacial dos grupos edáficos utilizando técnicas geoestatísticas. A interpolação por krigagem mais representativa, com os valores de alcance que variaram de 0,13 até 7,56 m, foi realizada para os grupos Coleoptera (larva), Collembola, Diplopoda, Diptera (larva), Formicidae, Hymenoptera e o total de indivíduos m⁻². Com esses indivíduos foram obtidos os mapas que indicaram a sua posição espacial em função das distâncias. Com o estudo da análise espacial do banco de sementes e da fauna edáfica do solo, é possível verificar como eles se comportam espacialmente e assim auxiliar na tomada de decisão quanto ao melhor tipo de controle adotar, visando o controle do banco de sementes em uma aplicação localizada de herbicidas e conseqüentemente na diminuição do impacto ambiental na fauna edáfica.

Palavras-chave: herbicidas, geoestatística, krigagem.

ABSTRACT

HUZIWARA, Eurico, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. October, 2015. Spatial dynamics of weed seed bank and soil fauna in sugarcane areas. Advisor: Silvério de Paiva Freitas.

Weeds are considered plants that propagate in different places causing losses due the competition with crop plants, for water, light, nutrients and space. The weeds have a high seed production, an efficient dispersion, great longevity and a special feature, dormency. These characteristics favor the formation of large stock seed in the soil, ensuring a large regenerative potential of various species, even in the absence of seed production for a long period. In recent years and in parallel to agricultural development, there has been remarkable progress in two areas: topography and geodesy, which with the advent of GPS technology has enabled the precision agriculture, and computer science. Among these skills the geostatistics has the aims to characterize the spatial variability of regionalized variables to identify interrelationships of attributes in space and time. Knowledge of the community of soil organisms is of great importance because they determine in a constant interaction determining the chemical, physical and biological soil , being called soil biota. The aim of this study was to evaluate the weed seed bank behavior and soil fauna using

geostatistical techniques. The experiments were conducted at Nossa Senhora das Dores Farm and Abadia Farm. Were collected 73 soil samples from the Nossa Senhora das Dores Farm where were evaluated the seed bank in two sampling grids. In Abadia Farm has been studied the behavior of soil fauna, totaling 44 soil samples. To the Weeds that have obtained a strong spatial dependence index, the data were interpolated by kriging and obtained the following species infestation maps: *Commelina benghalensis* L. , *Chamaesyce hyssopifolia* (L.) Small, *Mollugo verticillata* L., *Phyllanthus niruri* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers. and total propagules in Grid 1, and the species *Emilia fosbergii* Nicolson, *Phyllanthus niruri* L. and *Cynodon dactylon* (L.) Pers in Grid 2. In the study of soil fauna were identified 18 groups in the experimental area. These soil fauna studies have been conducted in a spatial dependence of the edaphic groups using geostatistical techniques. The most representative Kriging interpolation, with the range of values from 0.13 to 7.56 m were conducted to *Coleoptera* (larvae), *Collembola*, *Diplopoda*, *Diptera* (larvae), Formicidae, Hymenoptera groups to individuals.m⁻². Based on these individuals were obtained maps that indicated their spatial position depending on distances. To the study of the spatial analysis of the seed bank and of soil fauna, was possible to check how they behave spatially and this can help to decide what is the best type of control to adopt, aiming the control of the seed bank in a located herbicides application and consequently in decrease the environmental impact on soil fauna.

Keywords: herbicides, geostatistics, kriging.

1. INTRODUÇÃO

As plantas daninhas são consideradas plantas que se propagam em lugares indesejáveis (Lorenzi, 2000). Elas causam prejuízos em diversos locais por competirem com as plantas de interesse humano, por água, luz, nutrientes minerais essenciais e o espaço (Holm et al., 1991; Lorenzi 2000; Concenço et al., 2012).

Quando interferem com as plantas agrícolas elas se diferenciam de outras pragas por terem a característica de estarem sempre presentes nos agroecossistemas e serem responsáveis diretamente pela competição e alelopatia ou indiretamente, servindo como reservatório de patógenos, atrativos para insetos praga etc. E conseqüentemente pela diminuição drástica da produção econômica das culturas (Ferreira, 2011).

Em um agroecossistema há significativas transformações nos sistemas geomórfico, edáfico e biológico, tornando este ambiente mais simples, em comparação com um ecossistema que é mais complexo. Neste contexto, uma das principais conseqüências é o aumento exagerado das populações de determinadas espécies de insetos, microrganismos, nematoides e plantas silvestres, podendo comprometer significativamente a produção, sendo denominadas de pragas agrícolas (Blanco, 1997).

As plantas daninhas têm uma elevada produção de sementes, eficiente dispersão, longevidade e uma característica especial que é a dormência. Essas particularidades são responsáveis pela formação de grandes bancos de sementes no solo, garantindo um grande potencial de infestação de várias espécies, mesmo na ausência de produção de sementes por longo período (Carmona, 1992; Vivian et al., 2008).

A agricultura brasileira utiliza grandes quantidades de herbicidas para suprimir as plantas daninhas, sendo uma realidade constatada em praticamente todos os países do mundo. O Brasil é o maior consumidor de produtos fitossanitários atualmente, onde estão registrados 540 herbicidas formulados, distribuídos em 142 ingredientes ativos (Brasil, 2015). Para o desenvolvimento e a estabilidade do agronegócio e, conseqüentemente, da economia de diversos países, os herbicidas são fundamentais (Cai, 2008; Gianessi, 2013).

Somente no Brasil, são aplicadas cerca de 470 mil toneladas de herbicidas anualmente, sendo 214 mil toneladas de ingredientes ativos (SINDAG, 2015). Considerando a área utilizada para agricultura, a aplicação média de herbicidas no Brasil é de 6,9 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (IBGE, 2015).

Contudo, há a necessidade de transformar essas lavouras em agroecossistemas sustentáveis, por meio do manejo integrado das plantas daninhas, reduzindo a utilização dos agrotóxicos (Favreto e Medeiros, 2004). Assim, é importante que sejam desenvolvidas e adotadas práticas de manejo que possibilitem a convivência com os bancos de sementes das plantas daninhas no solo, sem causar prejuízo às áreas agrícolas, ao invés de tentar eliminá-las. Os estudos dos bancos de sementes de plantas daninhas tornam-se essenciais para o conhecimento da sua biologia, ecologia e dinâmica de todas essas espécies em um agroecossistema (Gomes Jr e Christoffoleti, 2008).

Neste contexto, nas últimas décadas surgiram novas tecnologias agrícolas, seja em termos de sementes, fertilizantes, defensivos, máquinas e sistemas especializados de produção e de manejo, que foram colocados à disposição da agricultura, para proporcionar uma prática racional, produtiva e econômica, equilibrada da exploração do solo (Bertollo, et al., 2013).

Nos últimos anos e em paralelo ao desenvolvimento agrícola, houve um notável avanço em duas áreas: a área da topografia e geodésia, que com o surgimento da tecnologia dos sistemas de posicionamento global (GPS - Global

Position System), resultou em simplificação e rapidez nas definições de posicionamento sobre a superfície terrestre; a outra área, a da informática, em termos da tecnologia da informação (Giotto et al., 2013).

Assim, pode-se resumir, que a Tecnologia da Informação e a Tecnologia GPS, combinadas e aplicadas às Ciências Agrícolas, geraram um novo campo no conhecimento agrônômico e no vocabulário de técnicos e produtores rurais, a Agricultura de Precisão (AP) (Giotto et al., 2013). Este termo envolve o uso das chamadas geotecnologias como GPS, sistemas informatizados de coleta de dados, sensores remotos locais, orbitais e não orbitais, softwares para tratamento e mapeamento desses dados (Sistema de Informações Georreferenciadas – SIG) e sistemas eletrônicos de acionamento e controle de máquinas agrícolas (Lamparelli et al., 2001).

Segundo Goel et al. (2003), definem a AP como um sistema de gerenciamento da produção com base na variabilidade espacial e temporal da lavoura visando à otimização do lucro, maior sustentabilidade e consequente redução da agressão ao meio ambiente em função do uso racional de insumos agrícolas.

Na África do Sul para estimar o cálculo de reservas minerais, foi desenvolvida empiricamente uma técnica que recebeu o nome de *Geoestatística* para o estudo das chamadas *variáveis regionalizadas*, ou seja, variáveis com condicionamento espacial (Matheron, 1963; Grzegozewski, 2012), preocupando-se com o entendimento, por meio de análise matemática, da gênese e leis naturais que governam fenômenos interpretados como regionais (Landim, 2006).

Segundo Landim (2006), a sua aplicação inicialmente era apenas para situações em geologia mineira na lavra e prospecção e, posteriormente se estendeu para outros campos como a agricultura de precisão, cartografia, climatologia, geologia ambiental, geotecnia, hidrogeologia, pedologia, entre outros. Hoje praticamente todas as últimas versões de softwares para confecção de mapas ou SIG's apresentam métodos geoestatísticos.

Para a utilização da geoestatística, qualquer amostra retirada em um ponto no espaço ou no tempo deve ser considerada parte de uma função contínua e são pontos discretos desta função. Por isso, pode-se dizer que todas as amostras são relacionadas com seus vizinhos. Neste caso, as amostras separadas por

pequenas distâncias são mais parecidas umas com as outras do que amostras separadas por grandes distâncias (Vieira, 2000).

Contudo, a geoestatística é uma ferramenta importante para análise dos dados no âmbito da agricultura de precisão, tendo como objetivo caracterizar a variabilidade espacial dos atributos do solo e das plantas, além de fazer estimativas utilizando o princípio da variabilidade espacial a fim de se identificar inter-relações dos atributos no espaço e no tempo, e também estabelecer padrões de amostragem adequados (Vieira, 2000).

Esta técnica é consolidada em pesquisas com os solos, independente do tamanho da área amostral (Warrick e Nielsen, 1980; Goovaerts, 1997; Grego e Vieira, 2005), tendo um potencial elevado para aplicações em ciências da terra e do meio ambiente (Soares, 2006).

Sendo assim, conhecer a comunidade de organismos presentes no solo torna-se interessante devido ao efeito de práticas agrícolas, pois uma grande variedade de organismos apresenta como habitat natural o solo, tanto microrganismos, quanto animais invertebrados, que estão em constante interação e cujas atividades determinam as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo por alterá-los de diferentes formas. Esse conjunto de organismos que vivem no solo é chamado de biota do solo, e apresenta uma grande variedade de tamanhos e atividade metabólica (Perrando, 2008).

A biologia do solo compreende um vastíssimo rol de organismos que coabitam dinamicamente e desenvolvem parcial ou integralmente seus ciclos vitais no solo. Seres vivos e ambiente solo afetam-se mutuamente em uma dinâmica onde as condições são constantemente modificadas podendo favorecer ou desfavorecer o ambiente solo ou os próprios organismos com reflexos na agricultura como um todo (Eira, 2005).

Dentro e fora do solo, os organismos agem de diferentes maneiras. Os que vivem no solo são de grande importância para a diferenciação e atividade biogeoquímica dos seus perfis, desde sua formação. Eles constituem a biota do solo, a qual contribui para o funcionamento global do ecossistema (Lopes Assad et al., 1997).

Os organismos do solo conhecidos também como fauna e flora edáfica compreendem os microrganismos (ou microflora e microfauna), vegetais

superiores (macroflora), animais (mesofauna e macrofauna) e homem (Vargas e Hungria, 1997).

Segundo Sayer et al. (2010), a importância da fauna edáfica e dos micro-organismos em regiões tropicais é maior que em regiões temperadas, porque a atividade dos organismos do solo sobre a serapilheira e sobre a matéria orgânica do solo não é limitada pela variabilidade climática e o alimento de biomassa vegetal é abundante.

As maiores biodiversidades do planeta estão no Brasil, e a fauna do solo é um importante componente dessa diversidade. Apesar de ser, na sua maior parte, “invisível”, por estar dentro do solo ou da serapilheira, esta fauna gera importantes serviços ambientais, que são pouco reconhecidos e valorizados (Melo et al., 2009).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é estudar o comportamento do banco de sementes de plantas daninhas e da fauna edáfica do solo em dois diferentes tipos de relevos em plantios de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes – RJ, utilizando técnicas geoestatísticas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Banco de sementes de plantas daninhas

O banco de sementes de plantas daninhas é a reserva de sementes viáveis presentes no solo, em profundidade e na superfície, associadas a restos vegetais, além de outras estruturas de propagação resultantes dos processos de retirada e depósito de sementes (Roberts, 1981; Simpson et al., 1989; Carmona, 1992). Dependendo das condições edafoclimáticas, as sementes viáveis produzem plântulas para substituir as plantas mortas ou para o aumento da população de determinada espécie (Lacerda, 2003).

Segundo Voll et al. (2005), as condições ecológicas do banco de sementes de plantas daninhas em que as mesmas se encontram e das alterações ambientais inseridas em um agroecossistema, são o que determinam a sua sobrevivência. Constituem em uma importante reserva de variabilidade genética das comunidades vegetais e influenciam a velocidade das mudanças genotípicas das populações de plantas (Mcgrow, 1987).

Segundo Thompson e Grime (1979), os bancos de sementes de plantas daninhas, em virtude do padrão de germinação e estabelecimento das plântulas, podem se dividir em dois grupos principais: os transitórios e os persistentes. Nos persistentes, uma fração do banco de sementes geralmente permanece viável no

solo por mais de um ano, ou seja, as sementes persistem por períodos mais longos, sendo geralmente representado por espécies de características de ambientes sujeitos a mudanças imprevisíveis no tempo e no espaço.

Já os transitórios, as sementes dificilmente permanecem viáveis no solo por mais de um ano, e são representadas essencialmente por espécies perenes, com exceção de algumas espécies anuais (Major e Pyott, 1966; Marañón e Bartolomeo, 1989). Essas sementes, na sua maioria estão adaptadas a explorar espaços abertos decorrentes de distúrbios previsíveis no tempo (Favreto e Medeiros, 2004), e normalmente os bancos de sementes de plantas daninhas no solo são considerados uma mistura de bancos transitórios e persistentes (Harper, 1977; Thompson e Grime, 1979; Fenner, 1995).

Segundo Monquero e Christoffoleti (2005), o banco de sementes de plantas daninhas é maior em áreas agrícolas do que em áreas não agrícolas que têm baixo distúrbio antrópico, pois em áreas de altos distúrbios essas plantas apresentam a estratégia de produzir grandes quantidades de sementes.

Deuber (1992) estudou plantas daninhas com elevada capacidade reprodutiva e listou algumas delas: *Amaranthus* spp (120.000 sementes/planta); *Galinsoga parviflora* (30.000 sementes/planta); *Portulaca oleracea* (53.000 sementes/planta). Outras espécies apresentam meios de reprodução por meio de partes vegetativas, como *Cyperus rotundus* (rizomas, tubérculos e bulbos basais), *Sorghum halepense* (rizomas) e *Cynodon dactylon* (rizomas e estolhos) (Santos et al., 2001).

Para essas sementes germinarem, é necessário que ocorra um balanço entre as condições ambientais favoráveis e características intrínsecas das sementes, por meio de uma sequência ordenada de atividades metabólicas resultando no desenvolvimento do embrião, originando assim, uma plântula. A disponibilidade de água, oxigênio, temperatura e luz, são determinantes para que as sementes viáveis e não dormentes germinem (Monquero, 2003).

Segundo McIvor e Howden (2000), o fenômeno da dormência representa uma das principais habilidades das espécies vegetais para garantir a sua sobrevivência e perpetuação, estando relacionada com a duração do ciclo e rusticidade da espécie. E sobre o ponto de vista evolutivo, a dormência é uma característica adaptativa, assegurando a sobrevivência das espécies em diferentes ecossistemas, contribuindo para a perpetuação em cultivos agrícolas, e

assim, dificultando o seu manejo ou a sua erradicação, culminando em inúmeros prejuízos econômicos.

A dormência distribui a germinação ao longo do tempo, e com isso o banco de sementes apresenta um grande potencial de regeneração mesmo em condições ambientais adversas e de perturbação contínua do solo para fins de cultivos agrícolas (Carmona, 1992). Sementes de espécies como *Oryza sativa* e *Avena fatua*, normalmente, requerem altas temperaturas e secagem (Leopold et al., 1998), já as espécies *Ambrosia trifida* e *Setaria viridis* precisam de baixas temperaturas e estratificação (Ballard et al., 1996). Essas diferentes características apresentadas permitem concluir que para algumas sementes germinarem, é necessário passarem por processos de superação ou quebra de dormência.

Segundo Johnson e Anderson (1986), a quantidade de sementes de plantas daninhas pode variar de 2000 a 7000 sementes/m² na camada arável do solo, em diferentes agroecossistemas e localidades, e com isso a germinabilidade das mesmas é variável ao longo do tempo entre as espécies. Por exemplo, sementes de trapoeraba podem sobreviver no solo por cerca de 40 anos (Voll et al., 1997), já sementes de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) e picão-preto (*Bidens pilosa*) apresentam, de modo geral, alta taxa de germinação e emergência, exaurindo-se do solo em cerca de três a quatro anos, na ausência de reinfestação (Voll et al., 2001).

2.1.1. Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas no solo

Segundo Konstantinovic et al. (2010), as infestações de plantas daninhas em cultivos agrícolas estão diretamente relacionadas com o banco de sementes que é dinâmico no tempo e no espaço, determinando a natureza e extensão dos futuros problemas, sendo influenciado pelas práticas agrícolas e pelos sistemas de manejo de solos (Cardina et al., 2002; Tuesca et al., 2004; Lacerda et al., 2005; Sosnoskie et al., 2006; Harbuck, 2007; Legere et al., 2011).

A infestação de plantas daninhas está diretamente relacionada com o banco de sementes do solo, e por meio desta pode ser avaliado o potencial de infestação nas áreas de produção e assim serem estabelecidas estratégias de

manejo de plantas daninhas em diferentes sistemas de produção (Machado et al., 2010).

Carmona (1995) cita que a dinâmica do banco de sementes varia conforme espécie, condições da semente, fatores ambientais e ocorrência de predadores, bem como aos constantes ingressos e saídas de sementes no contexto agrícola. A inserção destas sementes se dá principalmente por meio próprio de propagação ou com auxílio de agentes externos, como água, vento, animais e pelo homem (Monquero e Christoffoleti, 2005). Já Carmona e Villas Bôas (2001) citam que a redução do banco de sementes deve-se principalmente às perdas por germinação, deterioração, predação e transporte.

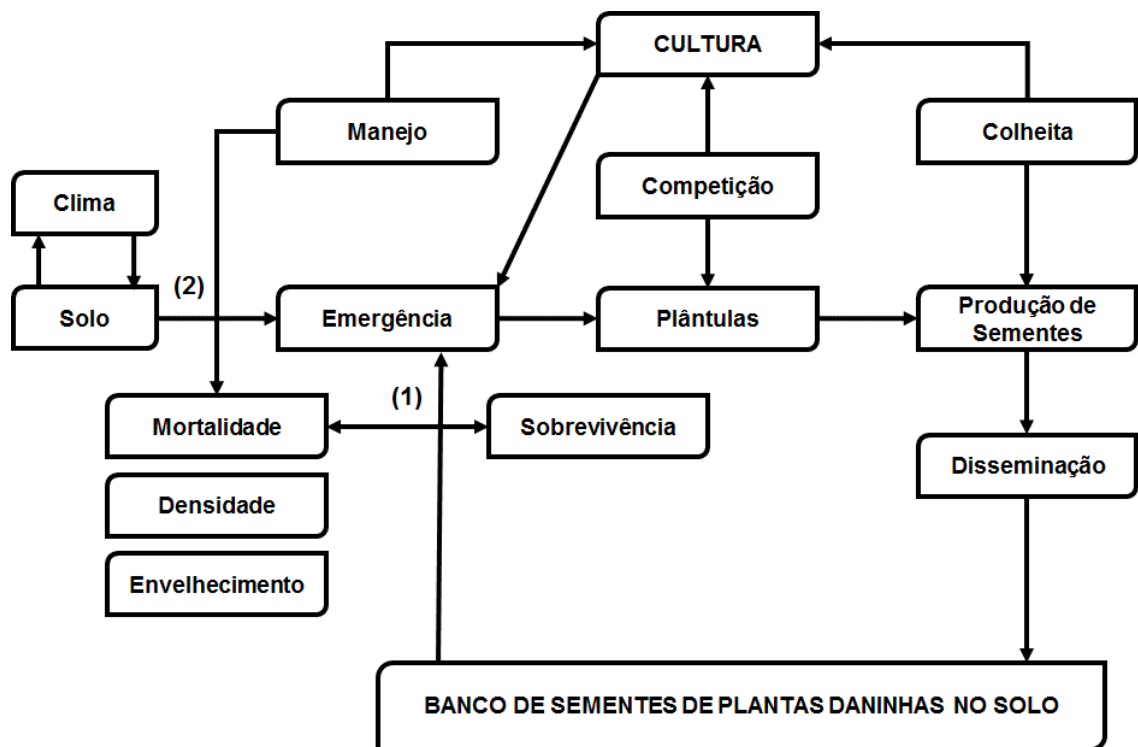
Cada espécie de planta daninha possui uma particularidade em relação à sua dispersão no ambiente, interferindo grandemente no seu posicionamento no solo. Assim, a distribuição dessas plantas apresenta elevada variabilidade espacial e temporal (Cardina et al., 1997).

O tamanho e a composição do banco de sementes são consequência de todo o manejo que foi adotado para o controle de plantas daninhas em um agroecossistema. Se o banco de sementes for manejado de uma maneira que haja uma redução, os agricultores terão uma maior economia, especialmente com herbicidas, além de um menor impacto ambiental devido à menor utilização desses agroquímicos (Monquero, 2003).

A redução do tamanho do banco de sementes de plantas daninhas tem sido uma busca constante de muitos pesquisadores de vários países, relacionando a sua dinâmica no espaço e no tempo com as práticas de manejo (Roberts, 1981; Feldman et al., 1997; Albrecht e Sommer, 1998; Medeiros e Steiner, 2002; Severino et al., 2006; Sodré Filho et al., 2008, Huziwara, 2011). Assim, a sugestão dos pesquisadores é que se faça um manejo integrado de plantas daninhas com o objetivo de reduzir a aplicação de herbicidas. Dentre elas destacam-se a aplicação estratégica de herbicidas no momento da germinação de espécies daninhas, rotações de culturas, manejo do resíduo de pós-colheita, cultivo mínimo e sistema de controle físico que podem contribuir para uma menor utilização de agroquímicos (Chauvel et al., 1989; Swanton e Murphy, 1996; Mulugeta e Stoltenberg, 1997; Medeiros e Steiner, 2002).

Segundo Feldman et al. (1997), em solos que estão sujeitos a intensos e frequentes distúrbios, como a aração e a gradagem, o banco de sementes distribui-se de forma mais ou menos uniforme no perfil do solo e dentro dos agregados do solo.

Em áreas de plantio direto, o não-revolvimento do solo promove modificações na dinâmica populacional das plantas daninhas, estando associado a mudanças na composição da comunidade infestante no tempo, considerando o número e a dominância relativa de cada espécie no agroecossistema (Zelaya et al., 1997). As práticas de manejo do solo, das culturas e dos métodos de controle podem alterar os aspectos da biologia e ecologia das espécies (Voll et al., 2005), sendo composta por vários fatores (Figura 1).



Adaptado de: GOMES JR e CHRISTOFFOLETI (2008)

Figura 1. Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas. Com o monitoramento do banco de sementes, mudanças na comunidade de plantas daninhas podem ser observadas. A própria densidade e o envelhecimento natural contribuem para a redução da população de sementes no banco de sementes do solo (1). O solo e o clima alterados pelas condições de manejo afetam as condições de germinação das sementes (2) que podem ou não estar dormentes.

Yenish et al. (1992) em solo preparado com arado de aiveca, observaram que 30% das sementes são encontradas na parte superficial, entre 0 e 1 cm. Já com o preparo reduzido e plantio direto ocorre uma tendência de deixá-las próximas à superfície do solo, onde a maioria passa a ter uma ótima condição ambiental para poder germinar e se estabelecer. Assim, o número de sementes do banco de sementes do solo em plantio direto é considerado alto, porém a porcentagem que as sementes germinam pode ser considerada baixa devido à palha.

Os mesmos autores ainda citam que a concentração das sementes de plantas daninhas em plantio direto diminui de forma logarítmica com o aumento da profundidade do solo. E neste tipo de manejo mais de 60% das sementes de plantas daninhas encontravam-se a 1 cm da superfície do solo. Carmona (1992) cita que a presença de sementes na camada superficial do solo e com o frequente cultivo predis põem ao esgotamento mais rápido do banco de sementes do solo.

Segundo Pitelli e Durigan (2003), a maior concentração de sementes na superfície do solo facilita a homogeneidade de emergência das plântulas, e com isso as medidas de controle de plantas daninhas, especialmente com a ação de herbicidas, se tornam mais eficientes.

Estudo com sementes de picão-preto (*Bidens pilosa*) na profundidade de 0 a 10 cm exemplificaram o que foi relatado por Carmona (1992), onde a germinação e o conseqüente decréscimo do número dessas sementes foram mais acentuados na superfície do solo (Carmona e Villas Bôas, 2001).

Em experimento testando quatro sistemas de manejo de solo (arado de discos, grade, escarificador e plantio direto), Feldman et al. (1997), durante três anos, observaram que o uso do arado de discos resultou em um banco de sementes menor e que não havia diferença, entre as camadas de 0-5 cm e 5-10 cm de profundidade. Já no plantio direto, o banco de sementes foi maior e mais concentrado na camada superior do perfil do solo, chegando à conclusão que os sistemas com menos distúrbios no solo favorecem a formação de um banco de sementes maior e mais diverso. Este trabalho corrobora o estudo de Vencill e Banks (1994), onde também verificaram maior densidade de sementes de plantas daninhas em plantio direto de sorgo do que no plantio convencional.

Com o advento da agricultura de precisão, a adoção do método de mapeamento de solos em grades regulares (grid) por produtores que utilizam

aplicação localizada de fertilizantes permite, em única operação, também mapear o banco de sementes das plantas daninhas, separando parte do solo amostrado para essa determinação, estudando assim, a variabilidade dos fatores que interferem na produtividade das culturas (Shiratsuchi et al., 2005). Esta técnica do estudo da variabilidade espacial concentrou-se na ciência do solo (Montanari et al., 2012), mas tem sido perfeitamente extrapolado para a ciência das plantas daninhas (Shiratsuchi et al., 2003; Stähelin et al., 2009).

Segundo Imai et al. (2003), o controle de plantas daninhas utilizando ferramentas da agricultura de precisão só pode ser utilizado desde que as áreas que necessitem de aplicação de herbicidas sejam conhecidas. Assim, duas técnicas estão sendo utilizadas e em constantes aprimoramentos, uma delas estuda a detecção em tempo real das plantas daninhas para a realização da aplicação em taxa variável, e a outra o levantamento e mapeamento dessas espécies de plantas para posterior aplicação. Atualmente, as técnicas de interpolação têm sido utilizadas em agricultura de precisão para atribuir valores a locais não amostrados, onde é realizada uma análise geoestatística levando em conta a dinâmica espacial das plantas daninhas e minimizando o erro dessa estimativa (Ferreira, 2011).

As plantas daninhas têm tendência de formar padrões espaciais de agregação irregulares (Nordmeyer et al., 1997). Assim, em certas partes do campo podem estar livres de plantas daninhas ou em populações muito baixas ou com altas populações, indicando que esta área específica precisa ser controlada. Essa variabilidade espacial pode ser mapeada, permitindo a tomada de decisão sobre qual o melhor manejo a ser empregado nessas áreas específicas mapeadas. Sendo esse o primeiro passo para a escolha da melhor metodologia para o controle localizado.

Essa variabilidade espacial das plantas daninhas pode ser relativamente estável durante um período de dez anos segundo Johnson et al. (1996), relatando que esta estabilidade é devido à persistência no banco de sementes das plantas daninhas no solo e às condições locais, propiciando o desenvolvimento das plantas daninhas já adaptadas. Entretanto, Gerhards et al. (1996) e Colbach et al. (2000) estudaram a variabilidade espacial e temporal das plantas daninhas e concluíram que essa variabilidade pode durar por quatro a cinco anos.

Muitos estudos mostram a existência de uma grande variação na ocorrência das plantas daninhas em termos de espécies infestantes e de densidades de plantas daninhas (Gerhards, et al., 1996; Heisel et al., 1996; Christensen et al., 1999). Isto demonstra que há uma tendência de que plantas daninhas formam padrões espaciais de agregação definidos (Nordmeyer et al., 1997), onde parte significativa no campo pode estar com baixa infestação ou até mesmo sem nenhuma ocorrência de plantas daninhas. Esses níveis de infestação (alto ou baixo) podem permanecer estáveis por vários anos em um mesmo local.

Para verificar a variabilidade espacial de uma variável na agricultura, atualmente existem os “SIGs”. Eles podem trabalhar com o gerenciamento de grande quantidade de informação que um sistema de agricultura de precisão pode gerar, armazenando dados, processando e analisando (Tangerino, 2009).

A variabilidade espacial das variáveis pode ser estudada não só apenas no ponto amostrado, e sim em se obter valores e pontos não amostrados ou obter uma malha de pontos interpolados que possibilitem a visualização do comportamento da variável na região através de mapas ou gráficos de superfície (Ortiz, 2002).

Com o uso dessas ferramentas da agricultura de precisão a aplicação localizada de herbicidas torna-se possível, proporcionando economias consideráveis de produtos químicos, aumentando a eficiência de aplicação, reduzindo o impacto ambiental.

De acordo com Nuspl et al. (1996), é possível uma economia de herbicida na ordem de 30 a 80% quando é utilizada a tecnologia para a aplicação localizada de defensivos em áreas mapeadas, comparada ao consumo de herbicida aplicado em área total. Yang et al. (1999) verificaram uma redução no consumo de herbicida na ordem de 45% pela utilização desta tecnologia.

Christensen et al. (1999) verificaram uma economia de herbicidas pela adoção da aplicação localizada em milho (51 a 94%), trigo (40%) e soja (72%). Já em um modelo de pulverização localizada com diferentes espécies de plantas daninhas, proposto por Heisel et al. (1996), obteve economias de 66 a 75% de herbicidas, quando comparado com a aplicação uniforme.

Em estudo realizado por Shiratsuchi et al. (2002), em um total de 63 artigos sobre a lucratividade de sistemas que adotaram algum tipo de ferramenta de agricultura de precisão, a aplicação localizada de herbicidas mostrou-se vantajosa

em 73% dos casos, 16% apresentaram resultados mistos e 11% prejudiciais. A economia vai depender da infestação e densidade das plantas daninhas.

Informações obtidas sobre a variabilidade espacial de plantas e de atributos do solo são de grande importância para a avaliação de fertilidade, levantamento, classificação dos solos e mapeamento, ajudando a desenvolver sistemas mais adequados de amostragens, visando à melhoria das condições de manejo em relação não só ao custo-benefício, mas também ajudando na conservação ambiental (Souza, 1992).

2.1.2. Amostragens para o estudo do banco de sementes do solo

Em um agroecossistema atualmente avalia-se o grau de fertilidade do solo, a infestação de pragas, as perdas na colheita e outros aspectos determinantes da produtividade de uma cultura por meio de levantamentos e, em função deles, as ações são tomadas (Voll et al., 2010). Outro aspecto relevante na agricultura é a identificação e o manejo das plantas daninhas, que também é um fator extremamente importante para manutenção da produtividade devido à competição. Assim, agricultores realizam observações visuais de um modo empírico, pouco precisas, enquanto para um levantamento mais preciso, faz-se necessário o estudo do banco de sementes no solo, por meio de metodologias com amostragens de solo.

Essas amostragens geram uma predição da emergência de sementes de plantas daninhas, permitindo aos agricultores um planejamento de controle mais eficiente e evitar a aplicação inadequada de herbicidas (Cardina e Sparrow, 1996). Esta predição qualitativa e quantitativa é invariavelmente acompanhada pela germinação direta das amostras de solo e extração física das sementes acompanhada por ensaios de viabilidade (Luschei et al., 1998).

O método mais utilizado é pela determinação do número de sementes pela estimativa da emergência de plântulas pela amostra de solo, que por sua vez, deve estar sobre um meio úmido e adequado para assegurar as condições favoráveis ao surgimento das plântulas, espalhadas em fina camada em bandejas em casa de vegetação (Roberts, 1981; Putwain e Gilham, 1990; Martins e Silva, 1994).

Muitos estudos foram realizados para determinar a eficácia destes métodos (Cardina e Sparrow, 1996; Gross, 1990; Roberts, 1981), porém existem vários problemas relacionados com as metodologias de estudo do banco de sementes de plantas daninhas, destacando-se o número correto de amostras do solo, métodos adequados para extração e separação de sementes das amostras de solo e cálculo da germinação das sementes (Monquero, 2003).

Dependendo do objetivo do estudo do banco de sementes, o número de amostras pode ser alterado, se o estudo visar apenas à quantificação total de sementes, para se verificar o potencial de infestação da área, o número de amostras pode ser menor. Mas, se o objetivo for determinar alterações qualitativas e de evolução do banco de sementes em resposta a algum sistema de manejo, o número de amostras pode ser maior (Medeiros, 2001). Os amostradores citados na literatura têm diâmetros entre 2,5 cm até 5,0 cm (Roberts e Nielson, 1981; Roberts e Nielson, 1982; Barralis et al., 1988; Favreto e Medeiros, 2004; Didonet, 2012).

A extração física de sementes de plantas daninhas no solo pode ser realizada não só por peneiramento, mas também pela utilização de soluções de alta densidade, como o carbonato de potássio (K_2CO_3), seguido de centrifugação (Buhler e Maxwell, 1993). Neste método há uma separação dos constituintes orgânicos do solo que são recolhidos para posterior identificação. No trabalho realizado por esses autores houve a constatação que a exposição das sementes a 3,2 M de K_2CO_3 por períodos menores que 30 minutos não afetou a germinação das sementes. Já Luschei et al. (1998) verificaram que ao centrifugar as amostras nesta mesma solução, ocorreu uma redução da germinação de *Setaria faveri* de 94% para 52%, sendo devido ao dano nas sementes pelo alto pH da solução em conjunto com o aumento da pressão hidrostática devido à centrifugação.

2.2. Geoestatística

Como todas as técnicas estatísticas, a geoestatística se baseia em um conceito probabilístico. Este método utiliza os dados duas vezes, para estimar a autocorrelação espacial e depois para fazer estimativas, previsões. Parte-se do princípio que a diferença de valor entre duas observações quaisquer é função da distância e da direção em que ocorre este afastamento entre os pontos de

medida, sugerindo que as diferenças na área estudada devam ser consistentes em toda ela, o que é diferente de serem constantes (Andriotti, 2004).

Segundo Andriotti (2004), as técnicas geoestatísticas podem ser usadas para descrever e modelar padrões espaciais, através da variografia; prever valores em locais não amostrados, pela krigagem e estimar a incerteza associada a um valor estimado em locais não amostrados, pela variância da krigagem.

A geoestatística contém as ferramentas ideais para análise de dados com dependência espacial, ou seja, cujos vizinhos próximos são mais semelhantes entre si do que aqueles separados por distâncias maiores (Vieira et al., 2008). Esta técnica tem como fundamento a teoria das variáveis regionalizadas (VR), onde a distribuição espacial das medidas é levada em consideração, permitindo definir o raio de dependência espacial entre elementos amostrais, considerando a localização, a continuidade espacial e a isotropia dos dados.

Uma dada variável regionalizada $Z(x_i)$, para qualquer posição x_i dentro da área "S", pode ser considerada como sendo a realização do conjunto de variáveis aleatórias $Z(x_i)$. Esse conjunto de variáveis é chamado de função aleatória, $Z(x_i)$ (Journel e Huijbregts, 1978). Quando o objetivo do estudo for estimar valores para os locais não amostrados, existe a necessidade de se introduzir uma condição restritiva com a finalidade de tornar a variável regionalizada estacionária estatisticamente. A variável regionalizada é considerada estacionária se os momentos estatísticos (média e variância) da variável aleatória $Z(x_i+h)$ forem os mesmos para qualquer vetor h . De acordo com o número k de momentos estatísticos que são constantes, a variável é chamada de estacionária de ordem K (Vieira, 2000).

Existem, principalmente, duas hipóteses a serem verificadas para uma função aleatória $Z(x_i)$, sendo que pelo menos uma delas deve ser satisfeita antes de se fazer qualquer aplicação da geoestatística. São elas: hipótese de estacionaridade de ordem 2 e hipótese intrínseca. A hipótese de estacionaridade de ordem 2 implica na existência de uma variância finita dos valores medidos. Esta hipótese pode não ser satisfeita para alguns atributos que possuam uma capacidade infinita de dispersão. Por isso, a hipótese intrínseca é a mais utilizada por ser menos restritiva e, portanto, a mais fácil de ser satisfeita. Essa hipótese requer a existência de estacionaridade do semivariograma, sem nenhuma restrição quanto à existência de variância finita (Terra, 2012).

Enfim, no estudo do comportamento das variáveis regionalizadas há duas ferramentas fundamentais dos métodos geoestatísticos: o semivariograma e a krigagem (Landim, 2006).

2.2.1. Semivariograma

Para verificar a necessidade de uso das ferramentas geoestatísticas utiliza-se o semivariograma, sendo responsável por demonstrar a dependência espacial entre as amostras (Shiratsuchi, 2003).

Em uma variável regionalizada $Y(x)$ amostrada em diversos pontos regularmente distribuídos em uma certa área de estudo, tem-se que o valor de cada ponto está relacionado com valores obtidos a partir de pontos situados a uma certa distância. (Righetto, 2013). Podendo-se dizer que a influência entre os pontos é tanto maior quanto menor for a distância entre eles.

Assim, para expressar essa influência é preciso definir um vetor de distância Δh , que possui uma orientação específica e o grau de relação entre os pontos em uma certa direção pode ser expresso pela covariância e, embora a covariância exista entre todas as distâncias possíveis ao longo de h , pode ser estipulado que somente sejam considerados valores entre pontos regularmente espaçados por múltiplos inteiros de Δh . As equações de 1 a 3 mostram como o semivariograma é obtido (Landim, 2006).

O cálculo da covariância entre os valores encontrados, separados pela distância Δh ao longo de h , é expresso por:

$$C(h) = C(\Delta h) = \frac{1}{N(h)} \sum Y(x)Y(x+h) - m^2, \quad (1)$$

onde m é a média da variável regionalizada e $N(h)$ é o número de pares de valores medidos separados pela distância h .

A covariância irá depender do tamanho de h . Então, se $h = 0$, $C(h)$ representará a variância, isto é

$$C(0) = E[Y^2] - E^2[Y] = Var[Y] \quad (2)$$

Assim, calcula-se a função denominada de semivariância, dada pela metade da variância das diferenças, representada por $\gamma(h)$, em que

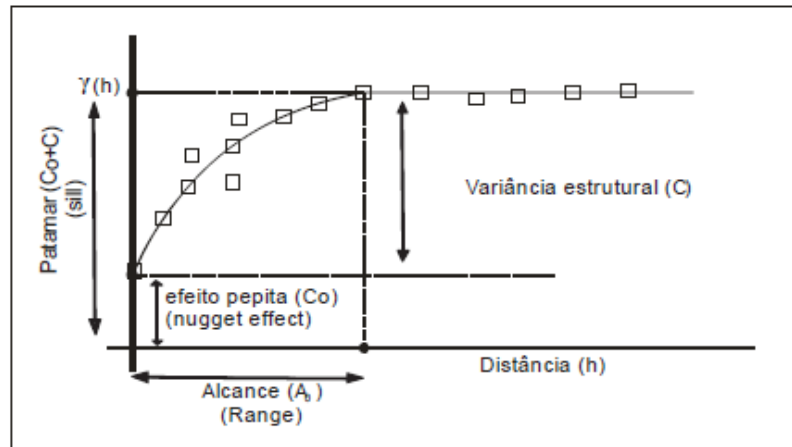
$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^{N(h)} [Y(x_i + h) - Y(x_i)]. \quad (3)$$

Com os valores dos dados, pode ser verificado o comportamento conforme várias distâncias estipuladas e assim, analisar o grau de dependência espacial da variável e definir os parâmetros necessários para estimar características em locais não amostrados. Para tal utiliza-se um gráfico de $\gamma(h)$ por h denominado de semivariograma, sendo a principal ferramenta para se diagnosticar a existência de correlação entre os pontos em estudo (Silva, 1988).

Em um campo experimental o semivariograma analisa o grau de dependência espacial entre as amostras, além de definir parâmetros necessários para a estimativa de valores para locais não amostrados, por meio da técnica de krigagem (Salviano, 1996).

O ajuste de um modelo matemático aos dados no gráfico de $\gamma(h)$ por h , isto é, a uma função, é um dos possíveis métodos para estimar os parâmetros do semivariograma, os quais são: efeito pepita (C_0), denominado “nugget” em inglês, que representa o valor de γ quando $h = 0$; quando aumenta o valor de h , frequentemente aumenta até uma distância a , denominada de alcance, (alcance da dependência espacial, em inglês “range”), também expresso por \emptyset ; na distância a , $\gamma(h)$ é chamado de patamar, em inglês “sill” dado por $C + C_0$, sendo C a variância estrutural (Figura 2).

O alcance é a distância dentro da qual os elementos amostrais estão correlacionados espacialmente, definindo o raio de ação máximo de interpolação pela krigagem (range), indicando que os pontos amostrados estão separados por distância menor do que o alcance. Então, o alcance delimita a distância a partir da qual o valor da variável, em uma certa localização em estudo, não tem mais influência sobre a localização vizinha (Grzegozewski, 2012; Righetto, 2013).



Fonte: Montanari (2009).

Figura 2. Indicação dos parâmetros do semivariograma.

Em um semivariograma ajustado o valor da semivariância aumenta na medida em que aumenta a distância de separação entre os pontos, aumentando até atingir um patamar no qual se estabiliza. Este parâmetro chamado de patamar é importante, pois determina a distância limite entre a dependência e independência entre as amostras e é atingido quando a variância dos dados fica constante com a distância entre os pontos amostrados (Vieira, 2000).

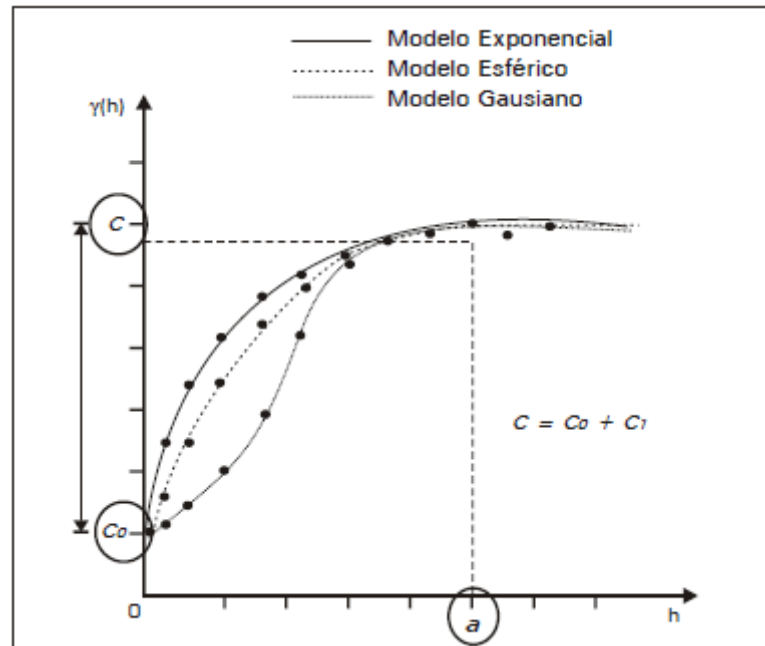
O parâmetro C_0 , efeito pepita, representa o valor de γ quando $h = 0$, ou seja, quando a distância h é zero, o valor da semivariância é igual a zero. Mas, na prática, à medida que h tende para zero, $\gamma(h)$ se aproxima de um valor positivo, revelando a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras. Segundo Cressie (1993), este parâmetro reflete o erro analítico, indicando uma variabilidade não explicada de um ponto para outro que pode ocorrer devido a erros de medidas ou microvariação não detectada por causa da distância da amostragem utilizada.

Partindo do conhecimento dos parâmetros básicos que caracterizam um semivariograma (alcance, patamar e efeito pepita) podem-se examinar os diferentes modelos matemáticos teóricos aos quais foram ajustados aos semivariogramas experimentais (Andriotti, 2004), ou seja, a uma função que definirá os parâmetros do semivariograma, “efeito pepita”, “alcance” e “patamar”.

Essa etapa é a mais importante de um estudo geoestatístico para analisar a estrutura espacial e para a interpolação. A escolha do modelo teórico não pode ser de maneira automática, mas sim deve seguir algumas restrições, tais como, as das funções positivas definidas (McBratney e Webster, 1986; Isaaks e

Srivastava, 1989; Webster e Oliver, 2000). O número de pares deve ser no mínimo de 30 a 50 (Landim, 1998; Andriotti, 2004).

Segundo Vendrusculo (2003), os modelos matemáticos mais usados nas pesquisas agropecuárias, que contemplam estudos de variabilidade das variáveis do solo e agroclimáticas são os modelos esférico, exponencial e gaussiano (figura 3), e os modelos são calculados conforme as equações 4 a 6.



Fonte: Vedrusculo, (2003).

Figura 3. Modelos teóricos de semivariograma.

- Modelo esférico

$$\gamma(h) = C \left[\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] \quad \text{para } h < a \quad (4)$$

$$\gamma(h) = C, \quad \text{para } h \geq a,$$

Este é o modelo mais comum, podendo-se afirmar que equivale à função de distribuição normal da estatística clássica (Landim, 2006), muito utilizado em ciência do solo.

- Modelo exponencial

$$\gamma(h) = C [1 - e^{-3h/a}], \quad (5)$$

neste modelo a inclinação da tangente junto à origem é C/a ; C é a assíntota de uma curva exponencial e pode ser equalizada junto à soleira; “ a ” corresponde ao alcance prático igual à distância segundo a qual 95% da soleira foi alcançada (Goovaerts, 1998).

- Modelo gaussiano

$$\gamma(h) = C [1 - e^{(-3h/a)^2}], \quad (6)$$

a curva é parabólica junto à origem e a tangente nesse ponto é horizontal, o que indica pequena variabilidade para curtas distâncias; “ a ” corresponde ao alcance prático igual à distância segundo a qual 95% da soleira foi alcançada (Landim, 2006).

O ajuste do semivariograma experimental a uma função é um passo fundamental na análise variográfica, sendo um processo que envolve várias tentativas, onde a experiência pesa muito (Reis, 2013).

Em seguida é importante acrescentar a essa verificação a “validação cruzada”, que se trata de uma análise que depois de obtido o modelo variográfico, cada valor originado é removido do domínio espacial e, usando-se os demais, um novo valor é estimado para este ponto. Assim, um gráfico pode ser construído mostrando a relação entre os valores reais e estimados (Landim, 2014).

A validação cruzada não prova que o modelo escolhido é o mais correto, mas sim que o mesmo não é inteiramente incorreto, sendo a melhor verificação, é aquela resultante do confronto entre os valores estimados e a realidade de campo.

Cambardella et al. (1994) propuseram o Índice de Dependência Espacial (IDE) com a seguinte interpretação para os seus valores: se $IDE \leq 25\%$ o fenômeno tem forte dependência espacial; entre 25 e 75 % tem dependência espacial moderada e $\geq 75\%$ tem fraca dependência espacial. Expresso pela equação abaixo.

$$IDE = \frac{c_0}{c_0+c} \times 100. \quad (7)$$

Segundo Landim (2006), a determinação do semivariograma em um estudo geoestatístico é parte fundamental. Isso é importante e todo o cuidado deve ser tomado na análise variográfica para que possa obter uma criteriosa análise geoestatística.

2.2.2. Krigagem

Uma estimativa para ser de qualidade não é simplesmente associar um valor a um ponto ou a um bloco, mas, também, associar a esta avaliação uma ideia de qualidade da estimativa, ou seja, como é a dimensão do erro existente. Assim, é necessário que se saiba quão distante o valor atribuído possa estar do valor real (Andriotti, 2004). A geoestatística, por meio da krigagem fornece esta estimativa do ponto ou do bloco, e junto com ela uma medida de acuracidade desta estimativa.

A krigagem é um processo de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço, e/ou no tempo, a partir de valores adjacentes enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma. Este termo é derivado do nome de Daniel G. Krige, que foi o pioneiro a introduzir o uso de médias móveis para evitar a superestimação sistemática de reservas de mineração (Delfiner e Delhomme, 1975).

O processo de krigagem se diferencia dos outros métodos de interpolação pela atribuição de pesos aos valores amostrais, pois neste método não se utiliza a distância euclidiana entre os pontos, mas uma distância estatística que expressa tanto a distância como a estrutura de variabilidade (semivariância ou covariância). Não apenas a distância dos vizinhos ao ponto a ser estimado é considerada, mas também as distâncias entre os mesmos têm influência na distribuição dos pesos. Assim, os vizinhos agrupados têm importância individual relativamente menor do que aqueles isolados (Ribeiro Jr., 1995; Camargo, 1997).

Este método pode ser usado como algoritmo estimador, para a previsão do valor pontual de uma variável regionalizada em um determinado local dentro de um campo geométrico, sendo um procedimento de interpolação exato que leva

em consideração todos os valores observados, ou para o cálculo médio de uma variável regionalizada para um volume maior que o suporte geométrico (Landim, 2006).

2.3. Fauna do solo

Segundo Petersen e Luxton (1982), o grupo ecológico da fauna edáfica compreende a microfauna (Protozoa, Nematoda, Turbellaria, Rotifera, Tardigrada e Crustácea), a mesofauna (parte da Oligochaeta, Collembola, Protura, Diplura, Pauropoda, Symphyla e Acari) e a macrofauna (parte da Oligochaeta, as minhocas, Diplopoda, Díptera nas fases larvais, Isoptera, Trichoptera na fase larval, Lepidoptera na fase larval, Coleoptera, Chilopoda, Arachnomorpha, Formicoidea e Gastropoda).

Existem várias formas de classificar a biota do solo. O tamanho corporal geralmente é o critério básico, pois apresenta alguma relação com o tamanho do tubo digestivo e do aparelho bucal, mas também são levados em consideração aspectos da mobilidade (Tabela 1), hábito alimentar e função que desempenham no solo (Silva e Amaral, 2013).

Tabela 1. Classificação da macrofauna edáfica de invertebrados e baseada no tamanho e na mobilidade dos organismos.

GRUPO	TAMANHO	CARACTERÍSTICA
MICROFAUNA	< 0,2 mm	Ligeiramente mais móveis que a microflora
MESOFAUNA	0,2 a 4 mm	Movimentam-se em fissuras, poros e na interface serapilheira/solo
MACROFAUNA	> 4 mm	Constroem ninhos, cavidades e galerias e transportam material de solo

Fonte: Modificado de Lavallo et al. (1994).

Em um volume de solo existe uma grande população diversificada de organismos vivos. Os que são visíveis ao olho nú, como raízes e pequenos animais e os microscópicos de vários tamanhos, desde bactérias com cerca de $1 \mu\text{m}^3$. Até insetos e vermes anelados com diâmetro superior a 1mm, têm um papel

fundamental na decomposição de restos orgânicos e na formação de compostos organominerais (Lopes Assad et al.,1997). Além disso, a fauna do solo se relaciona com os microrganismos para obter nutrientes necessários, onde os insetos podem realizar sínteses, excreções e concentrações seletivas e algumas vezes podem ser auxiliados pelos microrganismos além de beneficiá-los por meio da fragmentação e incorporação do material orgânico (Parra et al., 2009), sendo importante na ciclagem dos nutrientes e na estruturação do solo, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Influência da biota do solo nos processos do ecossistema.

	CICLAGEM DE NUTRIENTES	ESTRUTURA DO SOLO
MICROFAUNA	Regula as populações de bactérias e fungos, altera o <i>turn over</i> de nutrientes.	Pode afetar a agregação do solo por meio das interações com a microflora.
MESOFAUNA	Regula as populações de fungos e da microfauna.	Produz pellets fecais, cria bioporos, promove a humificação.
MACROFAUNA	Fragmenta os resíduos de plantas, estimula a atividade microbiana.	Mistura partículas minerais e orgânicas, redistribui matéria orgânica e microrganismos, cria bioporos, promove humificação, produz pellets fecais.

Fonte: Modificado de Hendrix et al. (1990).

As formas de vida dominantes no planeta Terra são os artrópodes, que incluem insetos, aranhas, ácaros, centopeias, crustáceos e diplópodes que desempenham um papel de primordial importância nos ecossistemas (Wilson, 1987). Por exemplo, os ácaros, diplópodes, colêmbolos, crustáceos terrestres e alguns grupos de insetos classificados como decompositores consomem

quantidades significativas de partes de plantas mortas, excrementos e carcaças, desempenhando um papel importante na reciclagem de nutrientes.

Os classificados como predadores e fitófagos têm um papel fundamental nas cadeias tróficas terrestres, alimentando-se, respectivamente, de uma grande quantidade de outros artrópodes e de plantas. Além disso, todos os grupos, em maior ou menor escala, integram as cadeias alimentares de numerosos grupos de vertebrados e até de algumas plantas (Silva et al., 2012a).

Sistemas de cultivo, adubação e calagem influenciam a população desses organismos, bem como o uso de diferentes coberturas vegetais e de práticas culturais parece atuar diretamente sobre a população da fauna do solo, sendo este efeito relacionado muitas vezes pela permanência de resíduos orgânicos sobre a superfície do solo (Giracca et al., 2003). Kladivko (2001) cita ainda que a cultura implantada, os intensos revolvimentos do solo, o tráfego de máquinas e implementos, adubações e o uso de agrotóxicos, possuem efeito instantâneo sobre os organismos que estão nesta área. Como resultado, os organismos podem assumir uma nova composição e atividade que pode conduzir a efeitos locais (organismos com pouca mobilidade) ou regionais (organismos com alta mobilidade) (Kladivko, 2001; Minor e Cianciolo, 2007).

2.3.1. Influência dos agrotóxicos sobre a fauna do solo

Segundo Moreira e Siqueira (2002), o impacto de agrotóxicos sobre o meio ambiente é um tema bastante complexo, polêmico e amplamente discutido por toda a sociedade e pesquisadores, que estão sempre em busca de entender melhor dois principais aspectos: a biodegradação e redução da biocumulação desses produtos, assim com seus impactos na atividade de organismos essenciais à boa qualidade e funcionamento do ecossistema do solo.

Para o controle de pragas e doenças de culturas florestais e agrícolas, que atingem o solo, são utilizados agrotóxicos, não só pela incorporação direta na superfície, como também, por meio do tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como forma de controle desses agentes fitopatogênicos ou também para o manejo de plantas daninhas, no caso de herbicidas (Mosumeci, 1992).

Processos bióticos a abióticos estão relacionados ao controle residual de compostos agroquímicos no solo. A duração do seu efeito e a sua permanência

no meio ambiente estabelecem a persistência desse composto, sendo esta influenciada pela sua estrutura química e pelas condições ambientais (Mosumeci, 1992). Em muitas circunstâncias, porém, o desaparecimento do agrotóxico é atribuído à atividade microbiana do solo.

As taxas de aplicação de agrotóxicos aplicados sobre o solo, são variavelmente altas e podem exercer sobre a fauna edáfica local uma exposição que afetaria seriamente as populações individuais. No mercado atual os agrotóxicos são geralmente muito específicos, mas ainda assim podem causar efeitos colaterais interferindo na população de organismos não alvos (Moreira e Siqueira, 2002). O potencial de toxicidade varia conforme o tipo de produto químico, que em geral apresentam baixas concentrações, mas o impacto de baixas concentrações de toxicidade de um agrotóxico pode ser algumas vezes maior do que um segundo, presente em níveis mais altos no solo (Sáfadi, 1995).

Segundo Flury (1996), uma vez fora do seu local de ação, os herbicidas podem ser absorvidos, adsorvidos, sofrer degradação química, física ou biológica ou formar complexos com elementos do meio ambiente. Assim, a avaliação da fauna do solo não somente pela análise de grupos específicos torna-se importante, mas também a utilização de índices que expressem a distribuição da população em uma determinada área. Para isso, o índice de diversidade de Shannon e Weaver (1949), é considerado um dos melhores índices para que se façam comparações. Esta técnica de avaliação assume valores que podem variar de 0 a 5, sendo que o declínio de seus valores é o resultado de uma maior dominância de alguns grupos em detrimento de outros (Begon et., 1996).

Segundo Nunes et al. (2009), a fauna edáfica é considerada como indicadora de qualidade biológica do solo. Assim, a análise de grupos específicos da fauna do solo juntamente com os índices de diversidade poderão auxiliar no esclarecimento do efeito de uma prática agrícola sob o solo.

Baseado no cultivo de algodão no Ceará, Lima et al. (2007), compararam efeitos em sistemas de produção orgânicos e convencionais, não observando alterações significativas nos aspectos químicos e físicos do solo, porém, ao avaliar a composição da meso e macrofauna do solo, chegaram a conclusão que em áreas de cultivo orgânico apresentaram maior número de indivíduos por m³ de solo. Destacando-se que nas áreas de produção orgânica, 80% dos indivíduos estavam concentrados na camada superficial (0-10cm), devido a melhores

condições de aeração e disponibilidade de alimentos. Já no manejo convencional com intenso uso de inseticidas, herbicidas e fungicidas, a fauna, além de em menor número, se distribuía na camada de 10-20cm.

Outro aspecto relevante desse estudo foi a ausência de minhocas (anelídeos) nos solos das áreas convencionais, sendo estes organismos fundamentais no processo de decomposição da matéria orgânica e estruturação do solo. Nas áreas de cultivo orgânico houve predomínio de indivíduos adultos das ordens: Hymenoptera, Isoptera, Anelídeo e Coleóptero em ordem decrescente. Nas áreas de cultivo convencional prevaleceram as ordens Coleoptera, Hymenoptera e Isoptera. A maior presença de coleópteros nas áreas de manejo convencional, está relacionada à presença do bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman) e de larvas do curuquerê (*Alabama argillacea*), ambas pragas do algodoeiro. As áreas orgânicas apresentaram maior diversidade de indivíduos nas coletas feitas na serapilheira, fator fundamental para a manutenção do equilíbrio do ecossistema.

Perrando (2008) avaliou por meio de análise multivariada o efeito de diferentes herbicidas sobre a composição da meso e macrofauna durante o estabelecimento de um plantio de acácia-negra. Os tratamentos utilizados foram: glyphosate (pós-emergente), imazapyr (pré e pós-emergente), oxyfluorfen (pré-emergente), pendimethalim (pré-emergente), roçada manual e testemunha. Como resultado, não houve evidências de alterações impostas à meso e macrofauna por intermédio da aplicação desses herbicidas. Além disso, os herbicidas não comprometeram a diversidade e a densidade de organismos, segundo o índice de diversidade de Shannon (H) e a riqueza de grupos taxonômicos presentes no local, estando esses atributos faunísticos condicionados à variação estacional ao longo do ano. Modificações sobre os grupos mais representativos como hymenópteros, dípteros, araneas e collembolas, são explicadas devido a variações ambientais como a precipitação e a temperatura ocorrentes no local do plantio.

Contudo, os dados obtidos neste estudo evidenciam que a densidade e a diversidade dos organismos dentro dos grupos taxonômicos avaliados sofrem maior influência de variáveis ambientais, e não reproduziram efeitos diretos dos herbicidas sobre a meso e macrofauna durante o estabelecimento dessa espécie florestal.

No que se refere à cana-de-açúcar, o controle químico por meio de aplicação de herbicidas é o método mais utilizado para controlar as plantas daninhas. Dentre os herbicidas registrados para a cana-de-açúcar destacam-se o tebuthiuron e ametryn. A associação desses dois compostos químicos no manejo de plantas daninhas favorece o espectro de ação sobre espécies magnoliopsidas e liliopsidas (Procópio et al., 2004; Rodrigues e Almeida, 2011). Além disso, ambos os herbicidas apresentam atividade residual no solo favorecendo o controle de plantas daninhas e o estabelecimento da cana-de-açúcar. Contudo, pouco se sabe sobre o efeito desses herbicidas na fauna edáfica (Silva et al., 2012b).

Com o objetivo de avaliar o efeito do herbicida glyphosate, isolado ou em mistura com 2,4-D éster, sobre os organismos que compõem a mesofauna, Ferri e Eltz (1998) conduziram um experimento de campo, com soja em semeadura direta e diferentes dosagens dos herbicidas. Os resultados indicaram que as populações de ácaros, colêmbolos, coleópteros e himenópteros não foram afetadas pelo herbicida glyphosate, independente da dose testada ou da mistura com 2,4-D, porém foram diminuídas pela ocorrência de estiagem após a aplicação dos tratamentos.

Utilizando o índice V de Wardle (1995), que indica uma relação entre as abundâncias na área sem manejo (controle) com as áreas manejadas (tratamentos), Huziwara (2011) avaliou o efeito da aplicação de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar em relação à fauna do solo, onde o resultado mostrou que a fauna do solo como um todo apresentou um comportamento diferenciado de acordo com as dosagens e os herbicidas aplicados, sendo que os grupos da fauna do solo que foram estimulados pelos herbicidas foram Acarina, Araneae, Collembola e Formicidae, e os que foram inibidos foram Blattodea, Coleoptera (adulto), Coleoptera (larva), Diplopoda, Diptera (adulto), Diptera (larva), Isoptera, Oligochaeta, Paupoda, Protura e Psocoptera.

Em um plantio convencional de cana-de-açúcar Silva et al. (2012b) realizaram a aplicação dos herbicidas Tebuthiuron e Ametryne isolado em mistura com diferentes concentrações e tempos de avaliação. As características da fauna do solo observadas foram abundância, grupos, riqueza de Margalef, uniformidade de Pielou, dominância de Simpson e diversidade de Shannon. E chegaram à conclusão que ambos os herbicidas não alteram a diversidade da fauna do solo

até 80 dias após a sua aplicação. A população de colêmbolos só foi reduzida com o herbicida Ametryne a $3000 \text{ g ia ha}^{-1}$, quando comparado a tratamentos de pousio e capina manual.

Antoniolli et al. (2013) avaliaram o desenvolvimento de colêmbolos do solo com diferentes níveis de metais pesados, combustíveis e agrotóxicos em condições de laboratório. Um dos agrotóxicos utilizados no experimento foi o herbicida glifosato ($2 \text{ a } 4\text{L ha}^{-1}$). Os autores verificaram, em condições de laboratório, um aumento considerável na população de colêmbolos com o uso de glifosato na dose de 2L ha^{-1} . Para a dose de 4L ha^{-1} de glifosato, houve um maior aumento no número de indivíduos em relação ao tratamento de 2L ha^{-1} . E de acordo com os resultados obtidos, os autores verificaram que os colêmbolos são susceptíveis às mudanças de ambiente, causadas pela ação humana aos solos, mas afirmam que, no entanto, novos trabalhos em condições de campo e de laboratório devem ser realizados, devido à carência de informações.

Os colêmbolos, representantes da mesofauna do solo, são decompositores primários e secundários, atuando na fragmentação e diminuição de detritos vegetais, favorecendo a ação de fungos e bactérias no processo de decomposição de resíduos orgânicos no solo (Moreira e Siqueira, 2006). Além de serem importante fonte de alimento a outros organismos, como ácaros predadores, aranhas e coleópteros, pois se caracterizam pela facilidade de multiplicação e crescimento (Coleman e Crossley, 1995). Segundo Greenslade e Vaughan (2003), os colêmbolos são considerados como bioindicadores de qualidade do solo, pois estão presentes em densidades altas em vários ecossistemas terrestres e têm o seu ciclo de vida curto.

Já Renaud et al. (2004) encontraram diferentes resultados em condições de campo, em que a aplicação associada de herbicida pós-emergente (glifosato) e pré-emergente (Terbuthylazine, Diuron e Oryzalin) ao solo, reduziu os valores de abundância total, diversidade e riqueza de colêmbolos.

Ponge et al. (2002) estudaram a influência de isoproturon, um herbicida do grupo fenilureia, na comunidade de Collembola através de bioensaios em laboratório em condições seminaturais em dois solos, um ácido e outro neutro, bem como a influência sobre o tipo de húmus no solo em resposta ao grupo Collembola em função dos herbicidas. O grupo Collembola foi escolhido devido à sua abundância e diversidade na maioria dos solos (Petersen e Luxton, 1982;

Ponge et al., 1997; Hopkin, 1997). Depois de duas semanas de experimento verificou-se que as comunidades de colêmbolos não foram afetadas pelo isoproturon em solo neutro. Nos tratamentos com solo ácido, pelo contrário, a população de duas espécies de colêmbolos cresceu. No solo não tratado essas duas espécies de colêmbolos encontradas estavam ausentes, conseqüentemente, os herbicidas podem ter favorecido a eclosão dos ovos, embora na literatura não exista estudo que possa suportar esta ou outra hipótese.

Baixas doses utilizadas para o experimento em comunidade de colêmbolos indicam mais efeito de repelência do que tóxico. Porém, algumas perturbações das comunidades da fauna do solo foram constatadas, especialmente quando dois tipos distintos de húmus foram colocados em conjunto nas mesmas caixas. Ponge et al. (2002), afirmaram que experiências ainda eram necessárias, principalmente em solos ácidos para avaliar o impacto de agrotóxicos sobre a fauna do solo.

Kang et al. (2001) pesquisaram o efeito do glufosinato de amônio e as influências foram significativas na sobrevivência de adultos de colêmbolos, mesmo em baixas concentrações desse produto no solo.

Segundo Bradford et al. (2007), as principais funções dos grupos da fauna do solo estão ligadas à serapilheira e à matéria orgânica do solo, onde os maiores até os menores organismos do solo estão envolvidos neste processo.

Quando fala de herbicidas, embora em alguns casos possa parecer benéfico, por aplicações em doses bem superiores às normalmente recomendadas por vezes possam aumentar as taxas respirométricas no solo, e/ou biomassa microbiana e a população geral de alguns grandes grupos de microrganismos, isto quase sempre pode traduzir uma redução na diversidade e na fisiologia de grupos funcionais específicos de microrganismos no solo, como os nitrificantes, os fixadores simbióticos e assimbióticos, as micorrizas, os solubilizadores de fosfatos, os microrganismos antagônicos e muitas outras interações de sinergismo e antagonismo que garantem o equilíbrio biológico do solo como um todo (Eira, 2005).

Segundo o mesmo autor, alguns grupos microbianos são inibidos por determinados herbicidas o que, indiretamente, resulta na explosão da população de outros que eram inibidos ou antagonizados pelos primeiros. Para a decomposição normal ou natural (em ambientes nativos) da matéria orgânica, que

é muito complexa, há a necessidade de uma grande diversidade biológica. Com esta situação provocada pelos herbicidas, pode ocorrer uma decomposição da matéria orgânica de forma parcial ou seguir outros caminhos metabólicos que levarão a diferentes padrões físicos-químicos e biológicos, e conseqüentemente refletindo-se na formação de compostos húmicos diferentes, os quais poderão ser melhores ou piores para determinadas culturas e ambientes.

Numerosos estudos têm avaliado o impacto de herbicidas sobre a fauna do solo em outros países, mas com resultados contraditórios, dependendo do grupo de animais estudados, da natureza química dos herbicidas e aditivos, do solo e da taxa de aplicação, porém no Brasil as pesquisas são escassas nesta área.

De acordo com o exposto, as principais modificações ocorridas na composição da diversidade de organismos da fauna edáfica, que indicam mudanças ambientais, estão na maioria das vezes relacionadas ao grupo funcional. Assim, determinado manejo em um agroecossistema pode levar ao aumento de organismos de mesmo grupo, aumentando a dominância de alguns grupos ou diminuindo a biodiversidade (Baretta et al., 2006).

3. TRABALHOS

3.1. AVALIAÇÃO ESPACIAL DO BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS DANINHAS UTILIZANDO TÉCNICAS GEOESTATÍSTICAS

RESUMO

As plantas daninhas produzem grandes quantidades de sementes, garantindo grandes reservas das mesmas no solo, denominado de banco de sementes de plantas daninhas. Informações sobre sua dinâmica podem auxiliar diretamente no controle e manejo integrado dessas plantas em um sistema agrícola. Objetivou-se avaliar a dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas em uma área de produção de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes – RJ. As amostras de solo do banco de sementes foram realizadas em dois grids de amostragem (50 X 50 m e de 70 x 70 m) em uma área de 11,66 ha, sendo coletadas 45 e 28 amostras, respectivamente. As amostras foram homogeneizadas e levadas para casa-de-vegetação onde foram identificadas e quantificadas as plantas daninhas aos 30, 60, 90 e 120 dias após a coleta. Com os dados foram realizadas análises geoestatísticas para obtenção dos parâmetros e construção do semivariograma teórico ajustado em modelos matemáticos. Após os ajustes, as plantas daninhas

que obtiveram um índice de dependência espacial forte, os dados foram interpolados por krigagem e foram obtidos os mapas de infestação das seguintes espécies: *Commelina benghalensis*, *Chamaesyce hyssopifolia*, *Mollugo verticillata*, *Phyllanthus niruri*, *Cynodon dactylon* e o total de propágulos no Grid 1, e as espécies *Emilia fosbergii*, *Phyllanthus niruri* e *Cynodon dactylon* no Grid 2. Conclui-se que a técnica de krigagem para a obtenção de mapas de infestação de plantas daninhas para posterior aplicação localizada de herbicidas é eficaz e confiável, porém deve ser utilizada com muito critério e bom senso.

Palavras-chave: mapas de infestação, semivariograma, krigagem.

ABSTRACT

The weeds produce large amounts of seeds, ensuring large reserves of the same ground, called weed seed bank. Information about its dynamics can help directly in control and integrated management of these plants in an agricultural system. The objective was to evaluate the dynamics of bank weed seeds behavior in a sugarcane production area in Campos dos Goytacazes - RJ. Soil samples from the seed bank were held in two sampling grids (50 x 50 m and 70 x 70 m) in an area of 11.66 ha, being collected 45 and 28 samples, respectively. The samples were taken to greenhouse where was identified and quantified the weeds at 30, 60, 90 and 120 days after collection. With the data was performed geostatistical analyzes to obtain the parameters and construction of the theoretical semivariogram adjusting mathematical models. After the adjustments, the weeds that have obtained a strong spatial dependence index, have the data interpolated by kriging and obtained the infestation maps of the following species: *Commelina benghalensis*, *Chamaesyce hyssopifolia*, *verticillata mollugo*, *Phyllanthus niruri*, *Cynodon dactylon* and total propagules in grid 1, and the species *Emilia fosbergii*, *Phyllanthus niruri*, *Cynodon dactylon* in grid 2. It is possible to notice that the Kriging technique for obtaining weeds infestation maps for localized application of herbicides is effective and reliable, but It should be used with great care and common sense.

Keywords: infestation maps, semivariogram, kriging.

INTRODUÇÃO

Em um sistema de produção agrícola constantemente perturbado a alta produção de sementes, sobretudo por espécies anuais é um dos principais mecanismos de sobrevivência das plantas daninhas (Lacerda, 2003), garantindo a ocorrência de grandes reservas das mesmas no solo por meio de mecanismos da semente como longevidade, dormência, capacidade de sobreviver sob condições adversas e em baixo nível de atividade metabólica (Freitas, 1990; Carmona, 1995; Lorenzi, 2000).

O banco de sementes de um solo pode ser considerado como a reserva de sementes e de propágulos vegetativos, principalmente na camada arável, constituindo a origem do ciclo de vida das espécies vegetais (Roberts e Nielson, 1981).

Baker (1989) propõe uma definição segundo a qual o banco de sementes é um agregado de sementes não germinadas, potencialmente capazes de repor plantas adultas anuais que morreram por morte natural ou não, e plantas perenes, susceptíveis à morte por doença, distúrbio ou consumo por animais.

As informações sobre o banco de sementes, considerando sua composição e densidade, podem auxiliar diretamente a tomada de decisões sobre práticas de controle e manejo integrado de plantas daninhas. O manejo adequado das plantas daninhas pode resultar em maior equilíbrio do sistema como um todo, e quem sabe, futuramente em menor perturbação do ambiente agrícola (Lacerda, 2003).

A quantificação do banco de sementes, de um solo cultivado, envolve a questão do número mínimo de amostras de solo, que deve ser tomado para estimar com precisão adequada o número de sementes por área de igual manejo ou glebas uniformes (Voll et al., 2003).

Nesse sentido, uma predição precisa da emergência do banco de sementes de plantas daninhas permitiria aos agricultores o planejamento mais eficiente do controle da infestação e a aplicação mais adequada de herbicidas em condições de pré-emergência (Cardina e Sparrow, 1996). Segundo Cardina et al. (1997), o mapeamento do banco de sementes de plantas daninhas, quando feito criteriosamente, pode ser utilizado para previsão dos locais de infestação em

cultivos posteriores. Para isso, Luschei et al. (1998) relataram que a estimativa qualitativa e quantitativa das sementes no banco pode ser acompanhada pela germinação direta nas amostras do solo ou pela extração física ou química das sementes associada por ensaios de viabilidade.

Objetivou-se neste trabalho avaliar o comportamento do banco de sementes de plantas daninhas em um plantio de cana-de-açúcar por meio de técnicas geoestatísticas em Campos dos Goytacazes – RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Nossa Senhora das Dores pertencente a Fernando Carvalho de Brito, coordenadas 21°37'20" S e 41°15'35" W, no município de Campos dos Goytacazes, ao norte do estado do Rio de Janeiro em área de cultivo de cana-de-açúcar tratada com herbicidas hexazinone, diuron e clomazone.

O clima da região, segundo Köppen, é classificado como Aw, do tipo quente úmido. A temperatura média anual está em torno de 23,1°C, média das máximas de 29°C e média das mínimas em torno de 19°C. A região caracteriza-se por apresentar precipitação média anual de 884,8 mm, concentrando-se 71% nos meses de outubro a março.

Para a análise do banco de sementes de plantas daninhas de área de 11,66 hectares, as amostras de solo foram coletadas em duas grades amostrais com espaçamentos diferentes. Todas as grades de amostragem foram ao formato de um quadrado e as amostras coletadas no centro deste quadrado. A primeira grade de amostragem (Grid 1) foi composta de 45 pontos de mesma distância entre as linhas e entre as colunas, uniformemente espaçados em 50 metros (Figura 4). Já na segunda grade de amostragem foi composta de 28 pontos (Grid 2) uniformemente espaçados em 70 metros (Figura 5). A coleta foi realizada em 23 de maio de 2015.

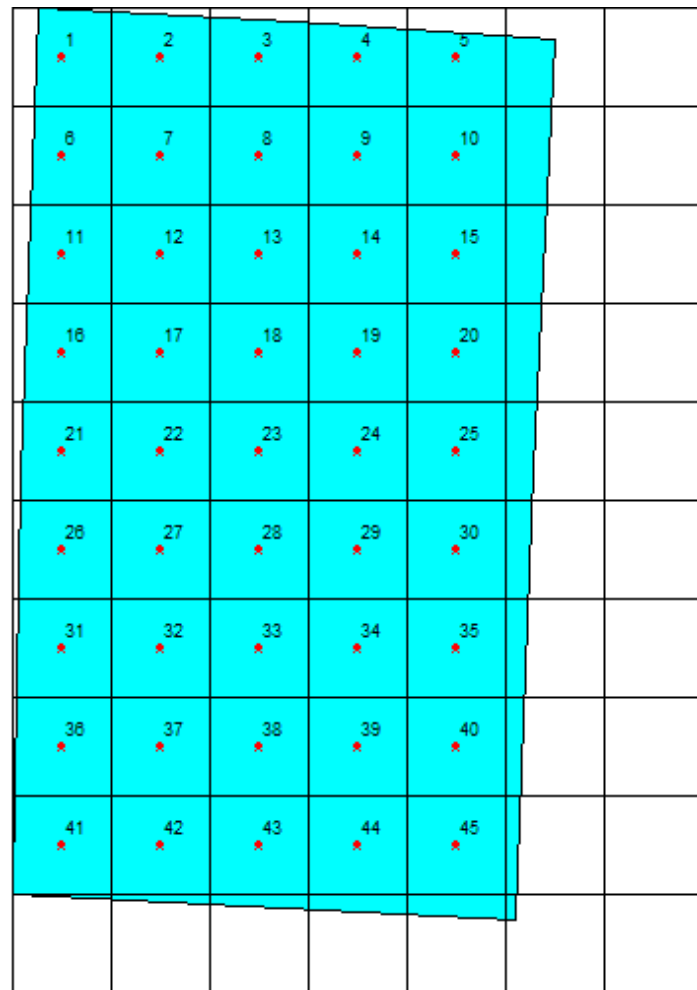


Figura 4. Malha de amostragem (50 x 50 m) do banco de sementes de plantas daninhas (Grid 1).

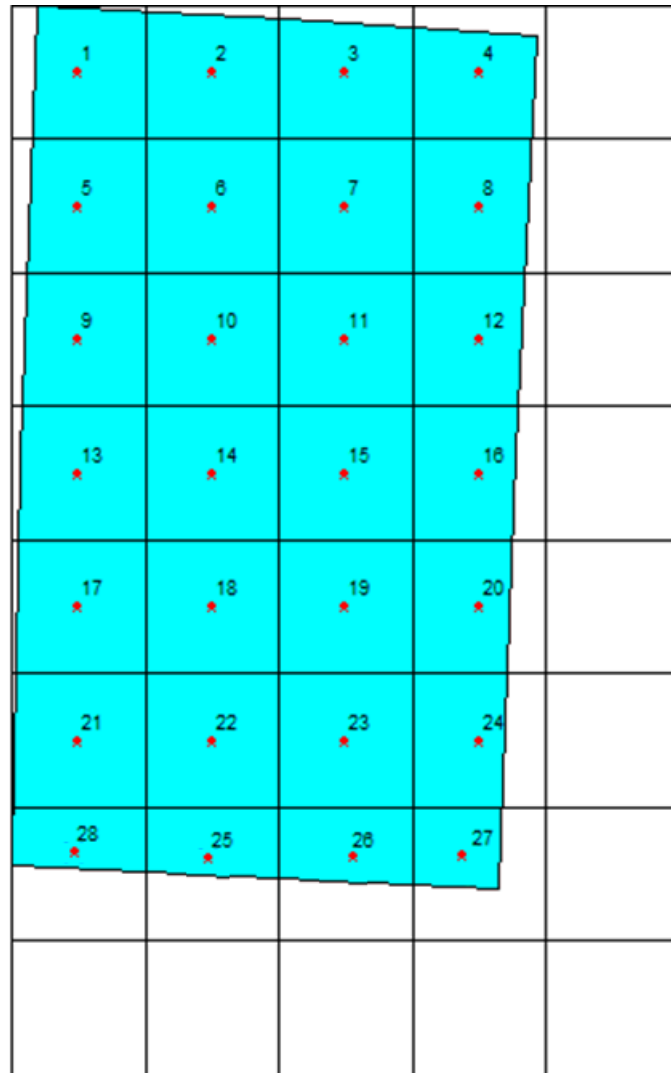


Figura 5. Malha de amostragem (70 x 70 m) do banco de sementes de plantas daninhas (Grid 2).

Todos os pontos foram georreferenciados por meio do equipamento de posicionamento global (GPS) modelo “Garmin GPSMAP 62sc”, sendo duas amostras de solo em cada “grid”, na profundidade de 0 a 10 cm, com um trado cilíndrico de modo a fornecer 3,25 litros de solo.

As amostras de solo coletadas em cada parcela uma vez homogeneizadas foram acondicionadas em bandejas plásticas de 32,5 x 20 cm, previamente perfuradas para que não houvesse acúmulo de água, e levadas para germinar em casa de vegetação, na Unidade de Apoio à Pesquisa, do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da UENF. A altura máxima de solo na bandeja foi de 5 cm. A irrigação foi realizada duas vezes ao dia durante 3 minutos através de microaspersores controlados por um timer.

O número de propágulos foi extrapolado para plantas m^{-2} estimado pela emergência de plântulas em cada bandeja, sendo avaliados aos 30, 60, 90 e 120 dias, conforme metodologia proposta por Roberts e Nielson (1981). A identificação foi realizada pela equipe técnica do Setor de Plantas Daninhas e Mediciniais (SPDM) do Laboratório de Fitotecnia (LFIT) da UENF.

Os dados das coordenadas geográficas (coordenadas UTM - Universal Transverse Mercator) de cada ponto foram processados no programa computacional "GPS Trackmaker", e transferidos juntamente com o número de propágulos m^{-2} do banco de sementes de plantas daninhas para o programa de computador "Microsoft Excel", e posteriormente foram transferidos para o programa GS+ para o ajuste de modelos matemáticos na definição dos semivariogramas. Com os semivariogramas ajustados, os parâmetros foram transferidos para o programa Surfer 8.0, onde foi realizada a interpolação das variáveis e obtidos os mapas de krigagem, resultando em mapas de infestação de plantas daninhas, sendo reconhecida como sendo a melhor estimativa linear melhor e não tendenciosa, estimado pelo método da máxima verossimilhança restrita (Lamparelli, 2001).

A análise da dependência espacial das amostras em relação ao espaço foi feita por meio da geoestatística, que se baseia na suposição de que medições separadas por distâncias pequenas são mais semelhantes umas às outras, que aquelas separadas por distâncias maiores (Mendes et al., 2008). O semivariograma mede o grau de dependência espacial entre as amostras dentro de um campo experimental específico.

O grau de dependência espacial das plantas daninhas foi avaliado por meio do índice de dependência espacial (IDE), que calcula a contribuição do efeito pepita na variância total, conforme equação 8.

$$IDE = \frac{c_0}{c_0 + C} \times 100 \quad (8)$$

C_0 : efeito pepita; C : variância estrutural.

De acordo com Cambardella et al. (1994), o grau de dependência espacial pode ser classificado como forte ($IDE \leq 25\%$), moderado ($25\% > IDE < 75\%$) e fraco ($IDE \geq 75\%$).

Para obtenção dos mapas, utilizou-se a análise geoestatística, buscando com os dados amostrados verificar qual o melhor modelo de semivariograma teórico, a partir deste semivariograma os mapas foram gerados por meio de interpolação por krigagem, buscando-se assim, um mapa mais fiel à realidade da variabilidade espacial.

Com a obtenção dos parâmetros geoestatísticos nas análises, os modelos digitais da espacialização do banco de sementes foram gerados, possibilitando prever futuras infestações das populações de plantas daninhas, tornando-se uma ferramenta importante na tomada de decisão sobre práticas de controle e manejo integrado das plantas daninhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies de plantas daninhas encontradas nos bancos de sementes do Grid 1 foram identificadas por famílias, nomes científicos e nomes comuns. Estas espécies (Tabela 3) foram utilizadas para estudar a variabilidade espacial dos mapas de plantas daninhas.

Foram encontradas neste experimento 10 espécies de plantas daninhas. Na Tabela 4 estão os dados com as análises dos parâmetros dos semivariogramas para cada espécie de plantas daninhas.

Tabela 3. Espécies de plantas daninhas encontradas no banco de sementes em plantio convencional de cana-de-açúcar na Fazenda Nossa Senhora das Dores. Grid 1 – Campos dos Goytacazes – RJ. 2015.

Família	Nome científico	Nome comum	Código
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Mentrassto	AGECO
Asteraceae	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	falsa-serralha	EMISO
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeraba	COMBE
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca	CYPRO
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small	erva-andorinha	EPHHS
Malvaceae	<i>Sida santaremnensis</i> H. Monteiro	guaxima-grande	SIDSP
Molluginaceae	<i>Mollugo verticillata</i> L.	capim-tapete	MOLVE
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	quebra-pedra	PYLN
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	grama-seda	CYNDA
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	poaia-branca	RCHBR

Tabela 4. Parâmetros dos semivariogramas de todas as espécies de plantas daninhas presentes na área experimental na Fazenda Nossa Senhora das Dores. Grid 1 – Campos dos Goytacazes – RJ.

Espécies de plantas daninhas	Modelo matemático	C₀	C₀+C	a (m)	r²	C₀ / C₀+C	IDE
AGECO	EPP	1,532	1,532	312,70	0,001	1,00	Fraco
EMISO	Exponencial	1,163	3,144	810,9	0,595	0,37	Moderado
COMBE	Esférico	0,026	0,605	59,40	0,000	0,04	Forte
CYPRO	EPP	114,38	114,38	312,70	0,173	1,00	Fraco
EPHHS	Gaussiano	2,20	19,20	52,20	0,050	0,12	Forte
SIDSP	EPP	0,069	0,069	262,04	0,041	1,00	Fraco
MOLVE	Exponencial	35,10	267,60	48,20	0,531	0,13	Forte
PYJNI	Exponencial	1,68	13,02	21,50	0,012	0,13	Forte
CYNDA	Esférico	0,01	5,80	59,40	0,000	0,002	Forte
RCHBR	EPP	0,56	0,56	312,70	0,576	1,00	Fraco
Liliopsidas	EPP	103,85	103,85	312,70	0,044	1,00	Fraco
Magnoliopsidas	Gaussiano	152,20	304,50	93,40	0,679	0,50	Moderado
Total	Exponencial	39,0	356,7	45,50	0,731	0,11	Forte

C₀: Efeito pepita; C₀+C: Patamar; a: Alcance; r²: coeficiente de determinação; IDE: Índice de dependência espacial; EPP: Efeito pepita puro.

As espécies AGECO, CYPRO, SIDSP, RCHBR e o total das Liliopsidas não apresentaram dependência espacial não sendo possível ajustar nenhum modelo devido à heterogeneidade dos dados. Este efeito é dado pela alta variância nas amostras no espaçamento estudado, sendo assim, o variograma analisado para estas espécies foi o efeito pepita puro, indicando que a distribuição na área experimental é ao acaso (Carvalho et al., 2002), impossibilitando a elaboração dos mapas destas espécies por krigagem (Figura 6).

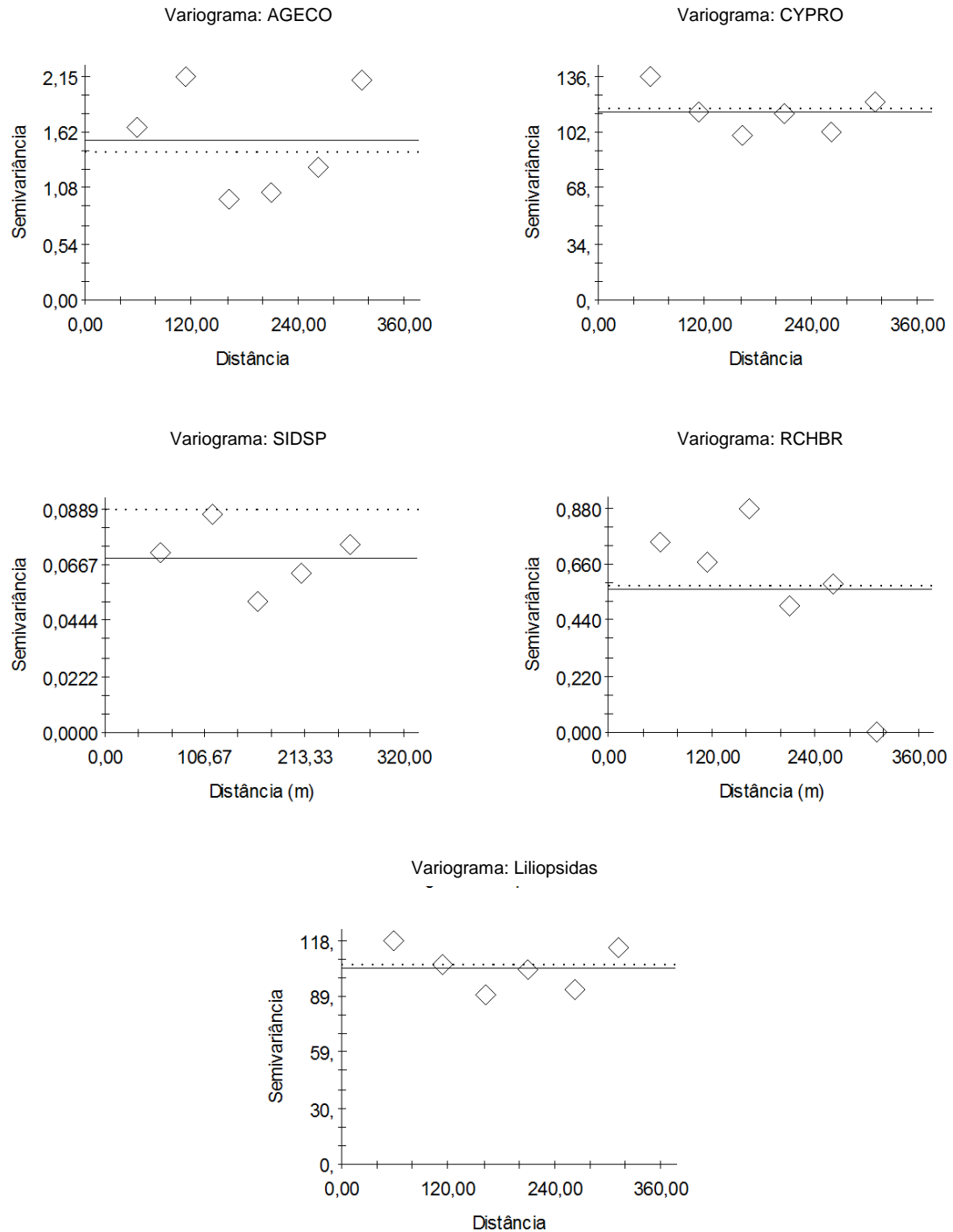


Figura 6. Semivariogramas experimentais com efeito pepita puro das espécies de plantas daninhas sem dependência espacial na Fazenda Nossa Senhora das Dores. Grid 1 – Campos dos Goytacazes – RJ.

Para as espécies que apresentaram dependência espacial, foram realizados os ajustes do modelo matemático necessários para padrões espaciais distintos, onde 31% dos dados se adaptaram ao modelo exponencial, o modelo

esférico a 15% e o modelo gaussiano a 15% (Tabela 4). Os variogramas obtidos encontram-se nas Figuras 7, 8 e 9.

Na análise do Índice de dependência espacial (IDE) verificou-se que o IDE foi considerado fraco para 39% das espécies, 15% moderado e 46% forte (Tabela 4).

As espécies EMISO, MOLVE, PYLNI, e o total de plantas m^{-2} se ajustaram ao modelo exponencial (Figura 7). Considerando o IDE dessas plantas daninhas, somente a EMISO foi classificada como moderada, as outras três espécies foram classificadas como forte. Os valores de alcance (a) foram de 48,20 para EMISO, 21,50 para PYLNI e de 45,50 para o total de plantas m^{-2} . Observou-se ainda que a espécie EMISO com dependência espacial moderada, o valor do alcance atingiu o valor de 810,90 metros, sendo um valor que ultrapassa os limites da área estabelecida para a coleta dos dados, e, portanto, não apresenta representatividade, conforme relatado por Lima et al. (2006) e Jordão et al. (2015). Os valores do alcance indicam a distância em que as amostras estão espacialmente relacionadas, podendo assim obter a distância ideal de uma malha de amostragem (Webster e Oliver, 2007; Cherubin, et al., 2015).

As análises geoestatísticas das plantas daninhas COMBE e CYNDA foram ajustadas pelo modelo esférico (Figura 8). O IDE das mesmas foi classificado como forte, e o alcance (a) obteve o valor de 59,40 m para ambas (Tabela 4).

Já para as espécies EPHHS e o total das plantas Magnoliopsidas o modelo matemático ajustado foi o gaussiano (Figura 9), onde os valores do alcance (a) foram 52,20 e 93,40 m, respectivamente, e a sua classificação segundo o IDE foi considerada como forte (Tabela 4).

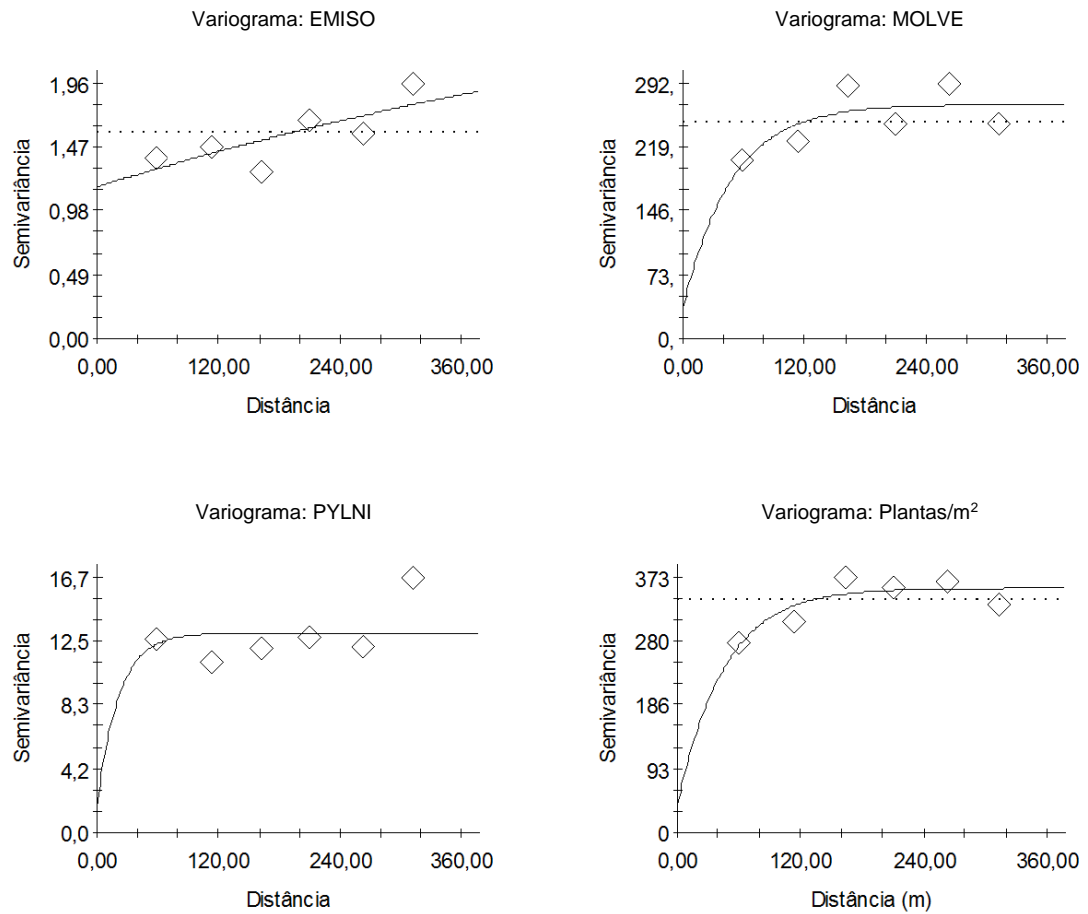


Figura 7. Semivariogramas experimentais ajustados pelo modelo exponencial das espécies de plantas daninhas com dependência espacial na Fazenda Nossa Senhora das Dores. Grid 1 – Campos dos Goytacazes – RJ.

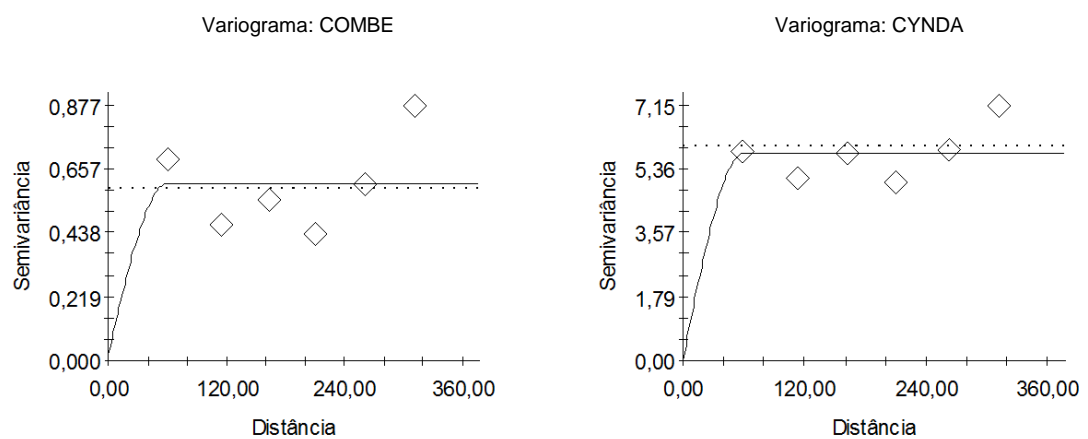


Figura 8. Semivariogramas experimentais ajustados pelo modelo esférico das espécies de plantas daninhas com dependência espacial na Fazenda Nossa Senhora das Dores. Grid 1 – Campos dos Goytacazes – RJ.

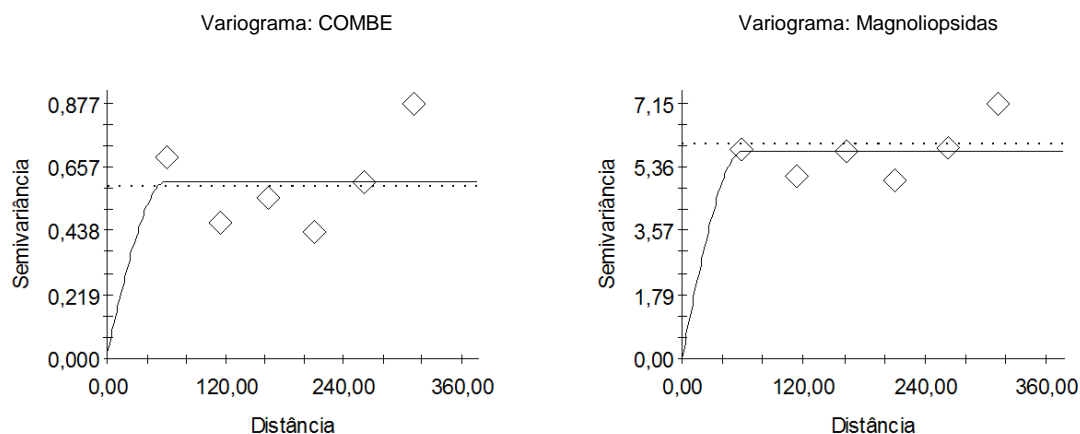


Figura 9. Semivariogramas experimentais ajustados pelo modelo gaussiano das espécies de plantas daninhas com dependência espacial na Fazenda Nossa Senhora das Dores. Grid 1 – Campos dos Goytacazes – RJ.

Foram identificadas sete espécies de plantas daninhas no banco de semente do Grid 2 (Tabela 5).

Tabela 5. Espécies de plantas daninhas encontradas no banco de sementes em plantio convencional de cana-de-açúcar na Fazenda Nossa Senhora das Dores. Grid 2 – Campos dos Goytacazes – RJ.

Família	Nome científico	Nome comum	Código
Asteraceae	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	falsa-serralha	EMISO
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	tiririca	CYPRO
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small	erva-andorinha	EPHHS
Molluginaceae	<i>Mollugo verticillata</i> L.	capim-tapete	MOLVE
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	quebra-pedra	PYLNI
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	grama-seda	CYNDA
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	poaia-branca	RCHBR

Na Tabela 6 estão os dados com as análises dos parâmetros dos semivariogramas para cada espécie de plantas daninhas.

Tabela 6. Parâmetros dos semivariogramas de todas as espécies de plantas daninhas presentes na área experimental na Fazenda Nossa Senhora das Dores. Grid 2 – Campos dos Goytacazes – RJ.

Espécies de plantas daninhas	Modelo matemático	C₀	C₀+C	a (m)	r²	C₀ / C₀+C	IDE
EMISO	Esférico	0,043	1,587	97,10	0,009	0,027	Forte
CYPRO	Exponencial	239,00	514,50	810,90	0,417	0,46	Moderado
EPHHS	EPP	9,581	9,581	339,43	0,470	1,00	Fraco
MOLVE	Linear	132,72	283,92	339,43	0,404	0,47	Moderado
PYJNI	Exponencial	1,110	6,831	25,80	0,002	0,16	Forte
CYNDA	Esférico	0,170	5,316	120,40	0,065	0,032	Forte
RCHBR	EPP	8,041	8,041	339,43	0,649	1,00	Fraco
Liliopsidas	Exponencial	229,20	502,30	810,90	0,397	0,46	Moderado
Magnoliopsidas	Linear	207,09	325,15	339,43	0,288	0,64	Moderado
Total	EPP	377,38	377,38	339,43	0,069	1,00	Fraco

C₀: Efeito pepita; C₀+C: Patamar; a: Alcance; r²: coeficiente de determinação; IDE: Índice de dependência espacial; EPP: Efeito pepita puro.

O efeito pepita puro foi observado nas espécies EPHHS, RCHBR e no total de plantas daninhas m⁻² para o Grid 2, não sendo possível ajustar a nenhum modelo matemático para a interpolação dos dados por krigagem, ou seja, o semivariograma indicou que não houve uma dependência espacial das amostras (Figura 10).

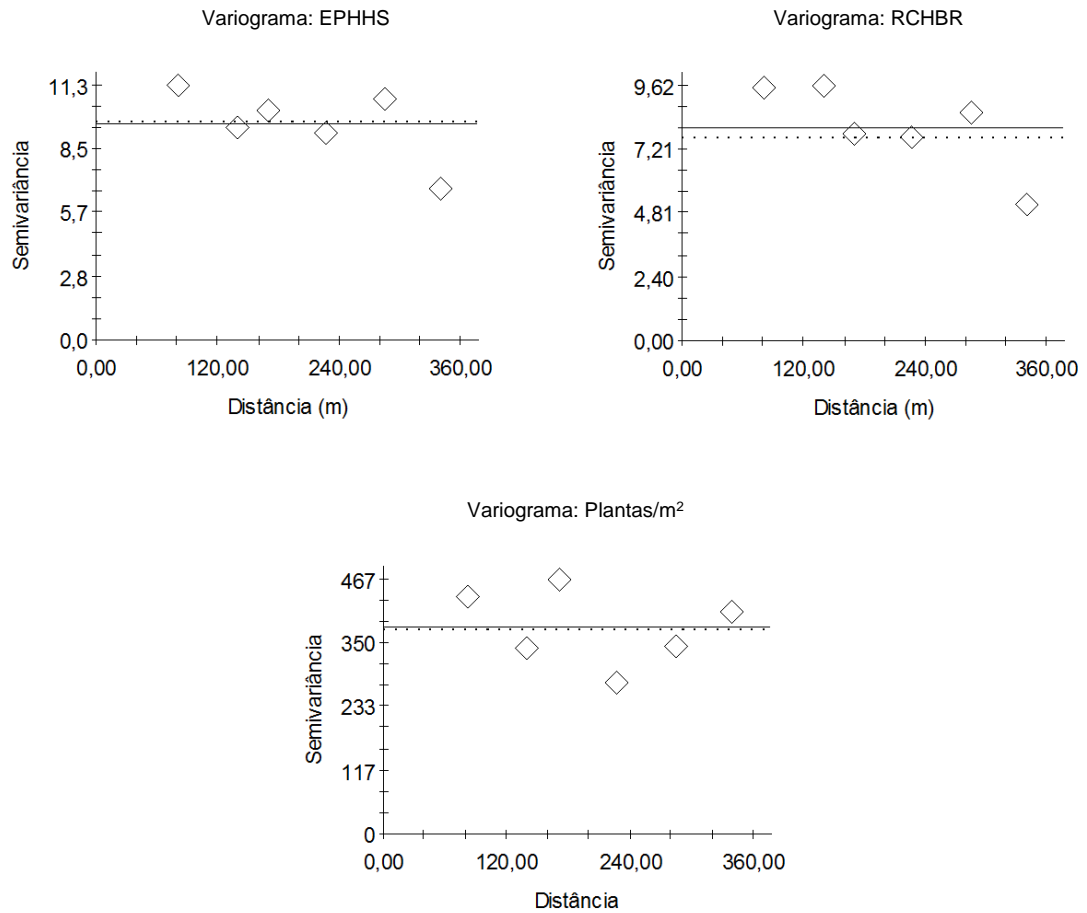


Figura 10. Semivariogramas experimentais com efeito pepita puro das espécies de plantas daninhas sem dependência espacial na Fazenda Nossa Senhora das Dores. Grid 2 – Campos dos Goytacazes – RJ.

O modelo exponencial foi ajustado para 30% dos dados, o modelo esférico para 20% e o modelo linear para 20% dos dados, assim essas espécies de plantas daninhas foram as que apresentaram dependência espacial se ajustando aos modelos citados (Tabela 6). Os variogramas obtidos encontram-se nas Figuras 11, 12 e 13.

Na análise do Índice de dependência espacial (IDE) verificou-se que o IDE foi considerado fraco para 30% das espécies, 40% moderado e 30% forte (Tabela 6).

O modelo exponencial foi utilizado para as espécies CYPRO, PYLNI e no total das Liliopsidas, apresentando um alcance (a) de 810,90 m para tiririca e no total das Liliopsidas e de 25,80 m para quebra-pedra, sendo classificadas com

dependência espacial moderada para tiririca e no total das Liliopsidas e forte para quebra-pedra (Figura 11).

As espécies EMISO, e CYNDA, se ajustaram ao modelo esférico, conforme Figura 12. Para este modelo essas espécies foram classificadas com dependência espacial forte, tendo um alcance (a) de 97,10 m para EMISO e de 120,40 m para CYNDA.

Para as espécies MOLVE e o total das espécies Magnoliopsidas o modelo utilizado foi o linear para ajustar os dados, o alcance (a) observado foi de 339,43 m e a dependência espacial foi classificada como moderada para ambas as espécies (Figura 13).

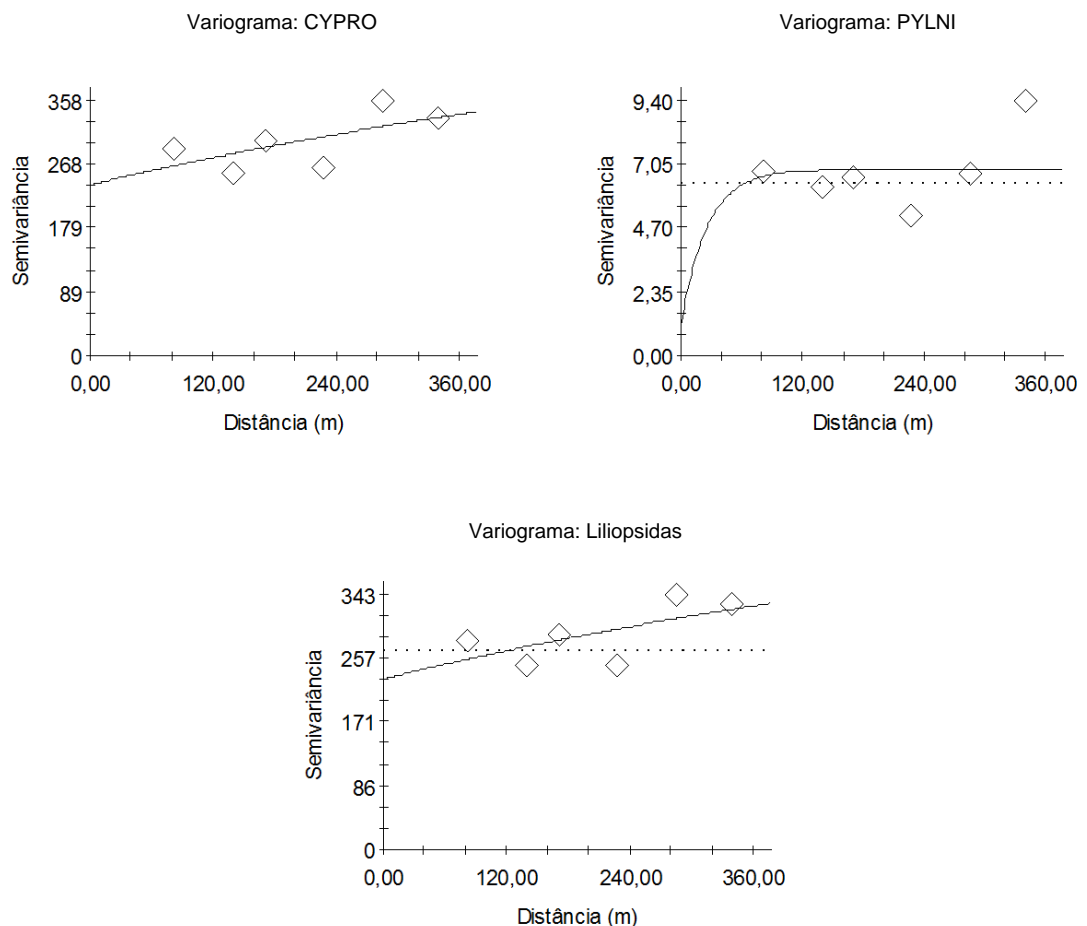


Figura 11. Semivariogramas experimentais ajustados pelo modelo exponencial das espécies de plantas daninhas com dependência espacial na Fazenda Nossa Senhora das Dores. Grid 2 – Campos dos Goytacazes – RJ.

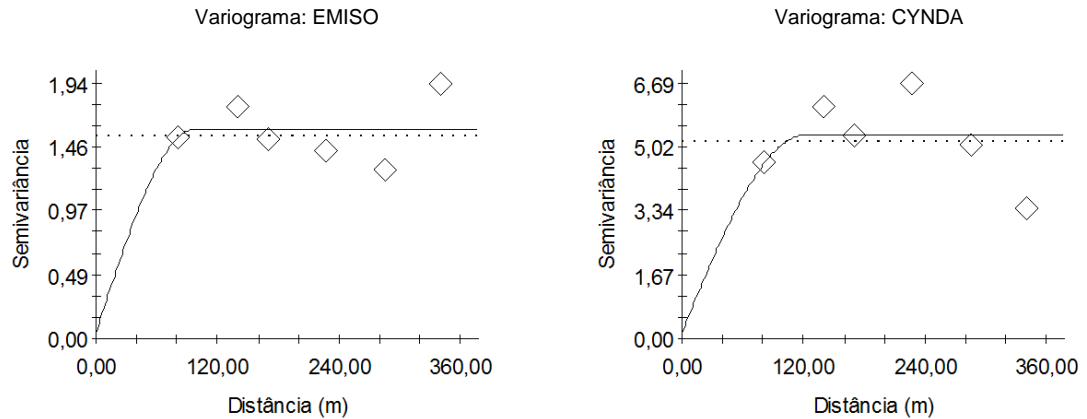


Figura 12. Semivariogramas experimentais ajustados pelo modelo esférico das espécies de plantas daninhas com dependência espacial na Fazenda Nossa Senhora das Dores. Grid 2 – Campos dos Goytacazes – RJ.

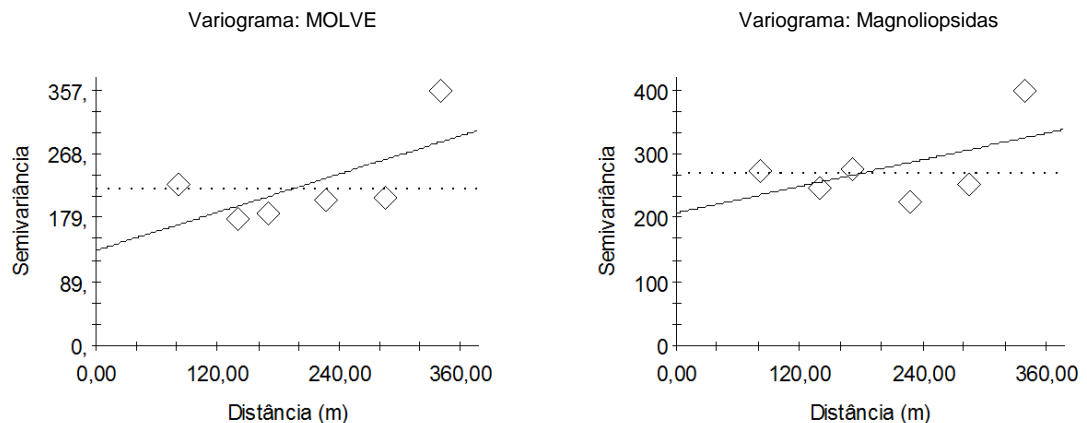


Figura 13. Semivariogramas experimentais ajustados pelo modelo linear das espécies de plantas daninhas com dependência espacial na Fazenda Nossa Senhora das Dores. Grid 2 – Campos dos Goytacazes – RJ.

Após a análise dos dados geoestatísticos com os seus respectivos semivariogramas para as espécies de plantas daninhas encontradas nos dois tipos de Grid, os mapas de infestação de plantas daninhas foram confeccionados por meio da interpolação por krigagem, sendo o método mais confiável quando foi estudada a análise espacial de qualquer variável regionalizada (Armstrong, 1998; Fernandes, 2013).

A espécie EMISO apresentou comportamentos diferentes na comparação dos dois grids. O mapa de krigagem para esta espécie indica que no grid 1 os

maiores valores encontram-se na região noroeste do mapa, enquanto no grid 2 nas regiões nordeste e sul (Figura 14).

Considerando as tabelas 4 e 6 constatou-se que o alcance no grid 1 foi de 810,90 metros e no grid 2 foi de apenas 97,10 metros, respectivamente. Provavelmente o grid 2 seria o mais indicado para a análise espacial desta espécie, pois quanto menor a distância entre as amostras, menor será a variância entre os pares de pontos (Ribeiro Junior, 1995; Vieira, 1997; Guimarães, 2004; Andrade et al., 2005; Machado et al., 2007; Ribeiro, 2014), sendo o IDE mais representativo no grid 2 (Tabela 6).

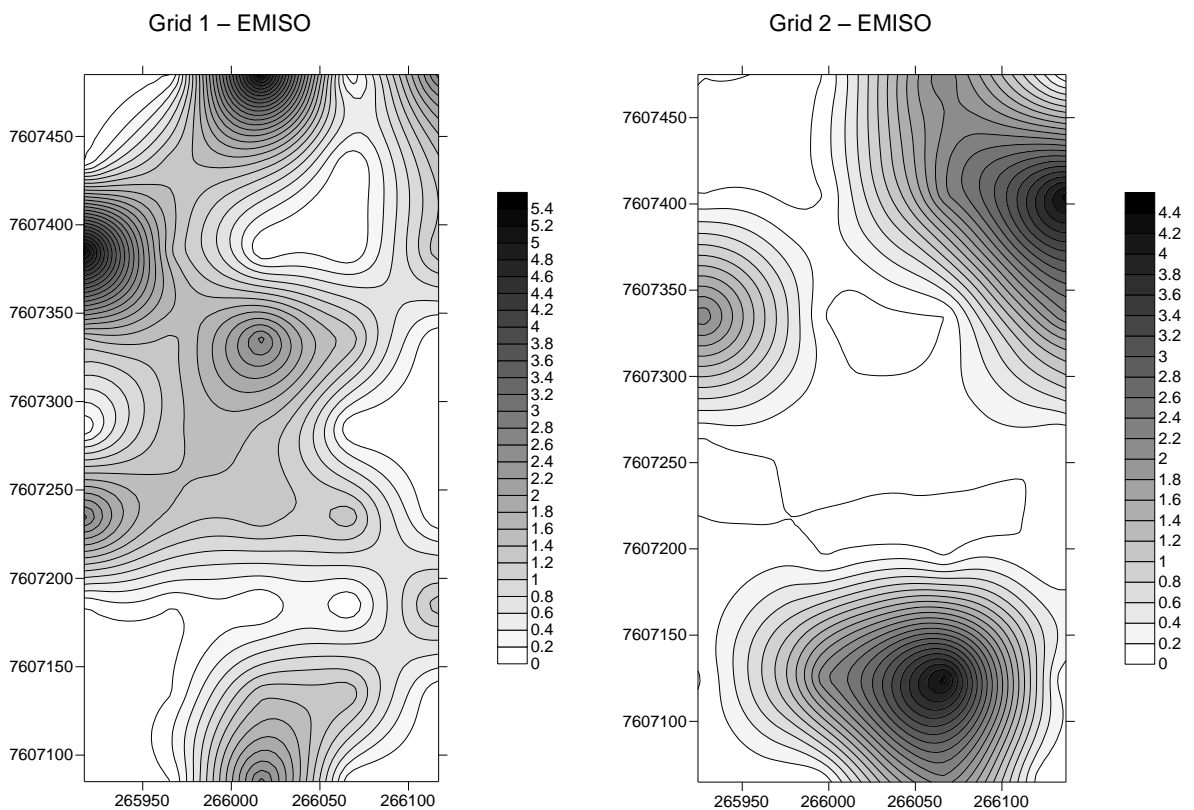


Figura 14. Mapas de krigagem da espécie EMISO presentes no banco de sementes com dois tipos de amostragens. Grid 1 – amostras espaçadas de 50 x 50 metros; Grid 2 – amostras espaçadas de 70 x 70 metros. Fazenda Nossa Senhora das Dores – Campos dos Goytacazes – RJ.

A espécie COMBE só surgiu no grid 1 com uma dependência espacial forte, podendo ser utilizada para elaboração de mapas pela técnica de krigagem desta espécie neste campo experimental (Figura 15).

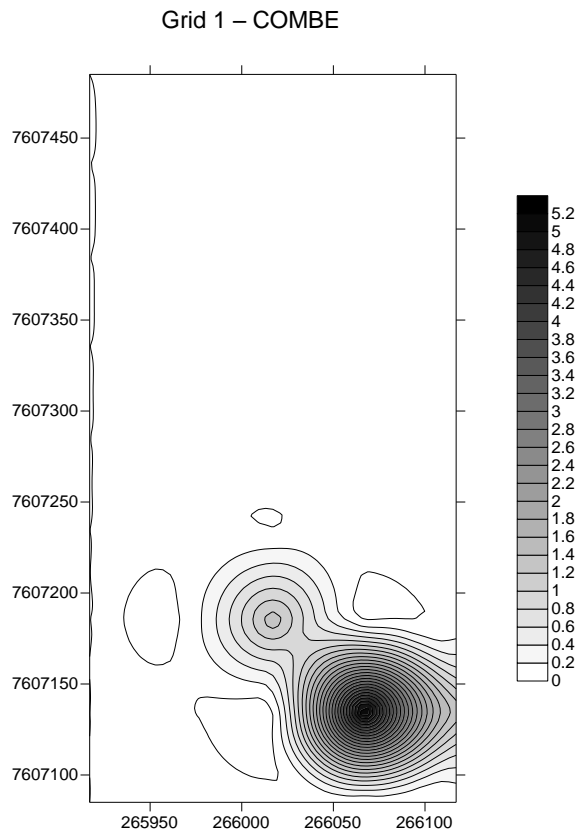


Figura 15. Mapa de krigagem da espécie COMBE presente no banco de sementes do Grid 1 – amostras espaçadas de 50 x 50 metros. Fazenda Nossa Senhora das Dores – Campos dos Goytacazes – RJ.

Analisando a espécie CYPRO apenas no grid 2 foi observada dependência espacial (Tabela 6). Apesar de apresentar uma dependência espacial moderada no grid 2, os mapas de infestação de interpolação por krigagem não são indicados para esta espécie, pois o seu alcance de dependência espacial está a 810,90 metros (Figura 16).

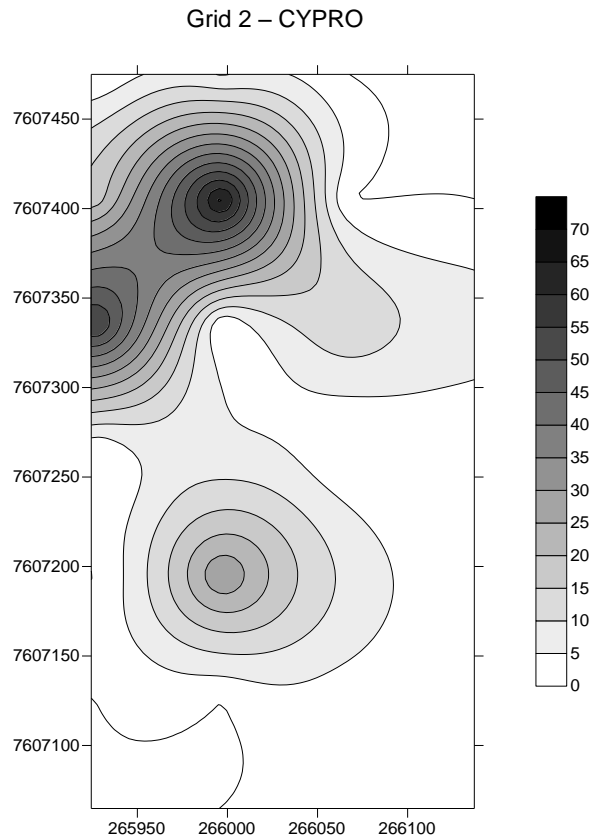


Figura 16. Mapa de krigagem da espécie CYPRO presente no banco de sementes do Grid 2 – amostras espaçadas de 70 x 70 metros. Fazenda Nossa Senhora das Dores – Campos dos Goytacazes – RJ.

Apenas no grid 1 a espécie EPHHS obteve uma dependência espacial forte. De acordo com o mapa de krigagem desta espécie o maior número de propágulos encontra-se na direção leste e sul (Figura 17).

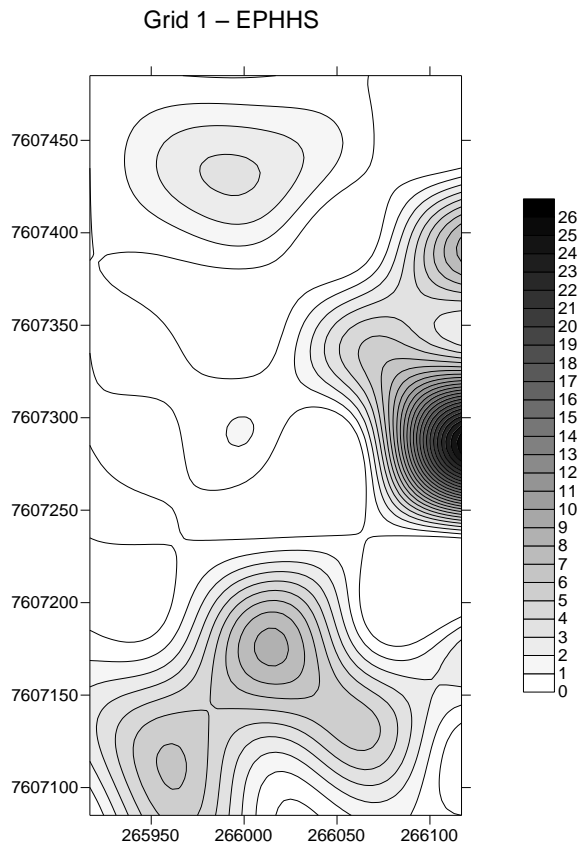


Figura 17. Mapa de krigagem da espécie EPHHS presente no banco de sementes do Grid 1 – amostras espaçadas de 50 x 50 metros. Fazenda Nossa Senhora das Dores – Campos dos Goytacazes – RJ.

No grid 1 e 2 a espécie MOLVE apresentou dependência espacial, e seu mapa de krigagem indica semelhança nas regiões sudeste nos dois grids, porém no grid 1 os propágulos estão nas regiões centrais-leste e no grid 2 posicionados nas regiões nordeste (Figura 18). Apesar das semelhanças o grid considerado com maior representatividade foi o grid 1, pois apresentou o IDE, ele foi considerado forte a um alcance de 48,20 metros, enquanto no grid 2 o IDE foi moderado com um alcance de 339,43 metros.

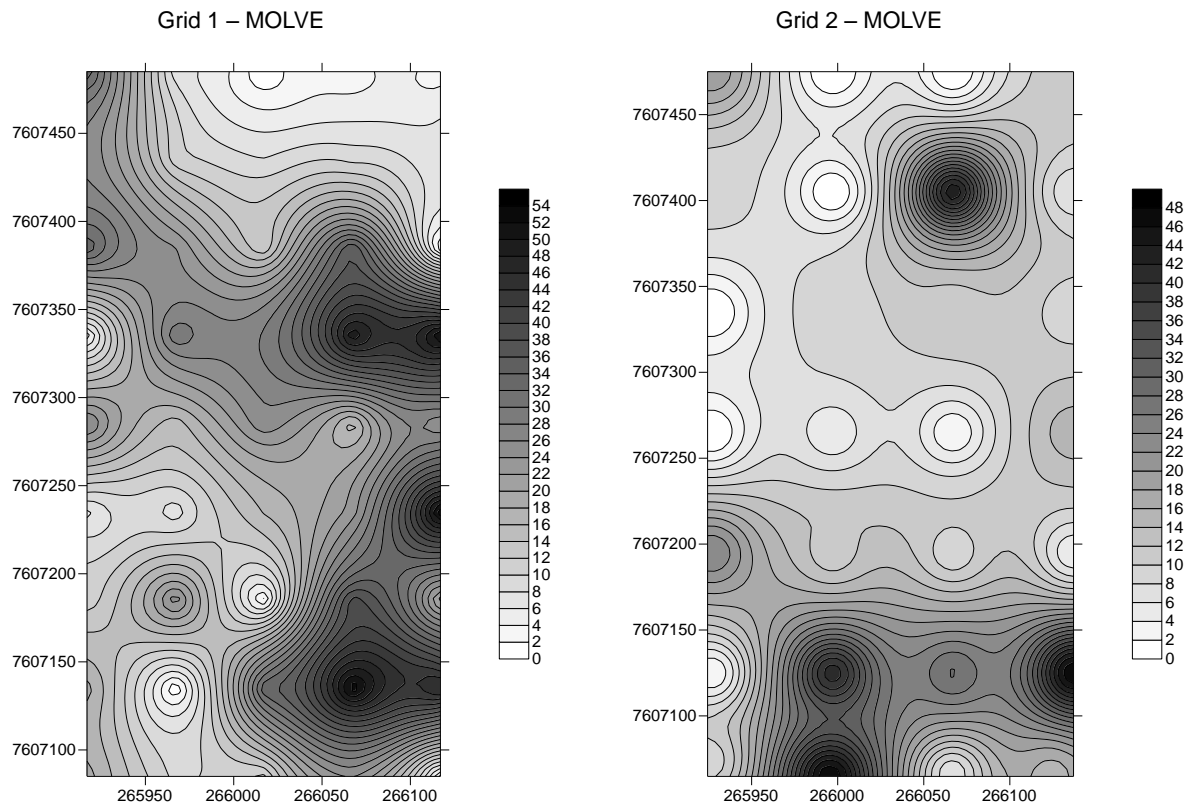


Figura 18. Mapas de krigagem da espécie MOLVE presentes no banco de sementes com dois tipos de amostragens. Grid 1 – amostras espaçadas de 50 x 50 metros; Grid 2 – amostras espaçadas de 70 x 70 metros. Fazenda Nossa Senhora das Dores – Campos dos Goytacazes – RJ.

A espécie PYLNI apresentou um forte IDE em ambos os grids, com alcances de 21,50 e 25,80 metros (tabela 4 e 6). Observando no mapa de krigagem, percebe-se que estes são distintos para as posições dos propágulos desta espécie (Figura 19). Uma vez que os parâmetros geoestatísticos são semelhantes, não há como definir qual o melhor grid. Provalmente isto ocorra devido às características das plantas daninhas estarem distribuídas em reboleiras ou em manchas (Cardina et al., 1995; Shiratsuchi et al, 2005), evidenciado em diversos trabalhos geoestatísticos (Cardina et al., 1996; Clay et al., 1999; Schaffrath et al., 2007; Chiba et al., 2010; Rocha et al., 2015).

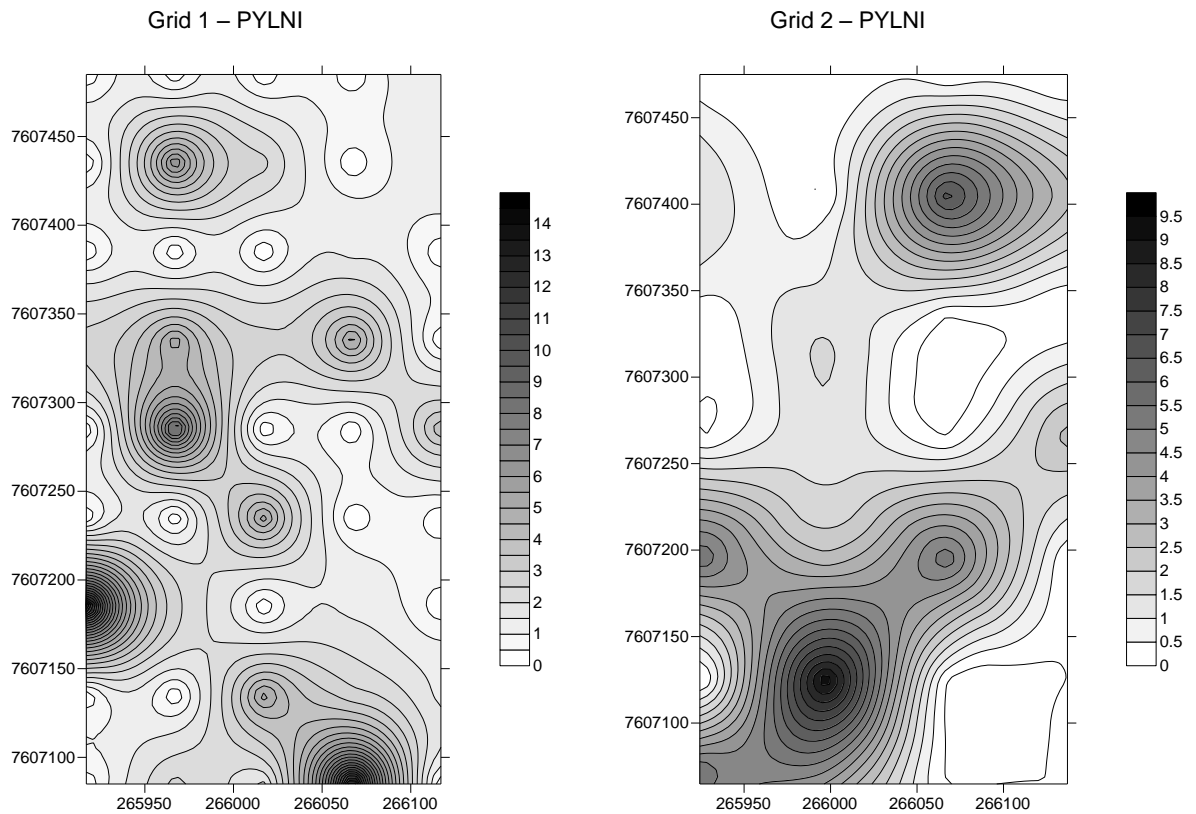


Figura 19. Mapas de krigagem da espécie PYLNI presentes no banco de sementes com dois tipos de amostragens. Grid 1 – amostras espaçadas de 50 x 50 metros; Grid 2 – amostras espaçadas de 70 x 70 metros. Fazenda Nossa Senhora das Dores – Campos dos Goytacazes – RJ.

No banco de sementes a espécie CYNDA houve um IDE forte em ambos os grids, apresentando comportamento semelhante à espécie PYLNI. Assim, não há como determinar representativamente qual o grid que melhor se adapta à visualização desta espécie por interpolação por krigagem (Figura 20).

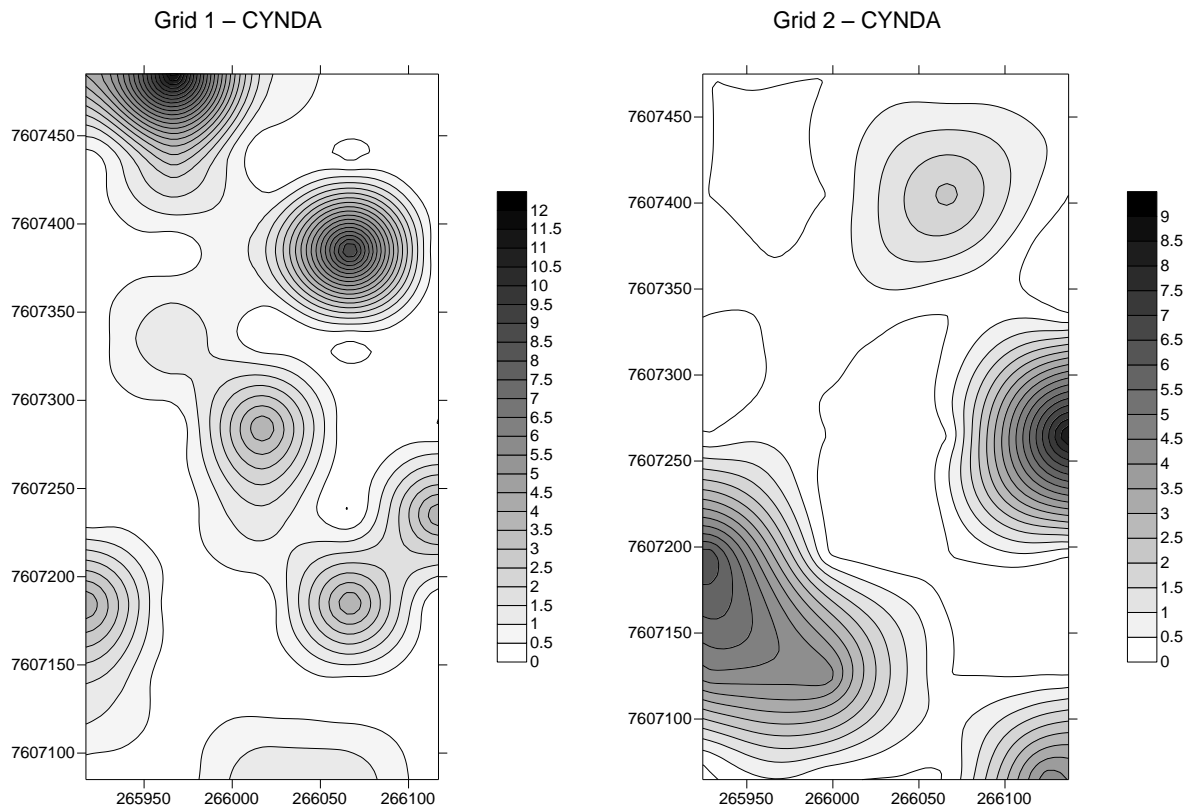


Figura 20. Mapas de krigagem da espécie CYNDA presentes no banco de sementes com dois tipos de amostragens. Grid 1 – amostras espaçadas de 50 x 50 metros; Grid 2 – amostras espaçadas de 70 x 70 metros. Fazenda Nossa Senhora das Dores – Campos dos Goytacazes – RJ.

Considerando o total de propágulos m^{-2} apenas o Grid 1 apresentou dependência espacial forte a um alcance de 45,50 metros. O mapa de infestação de plantas daninhas por interpolação por krigagem está evidenciado na Figura 21. Observou-se uma maior infestação nos pontos mais escuros nas regiões centro-leste, norte e sudeste.

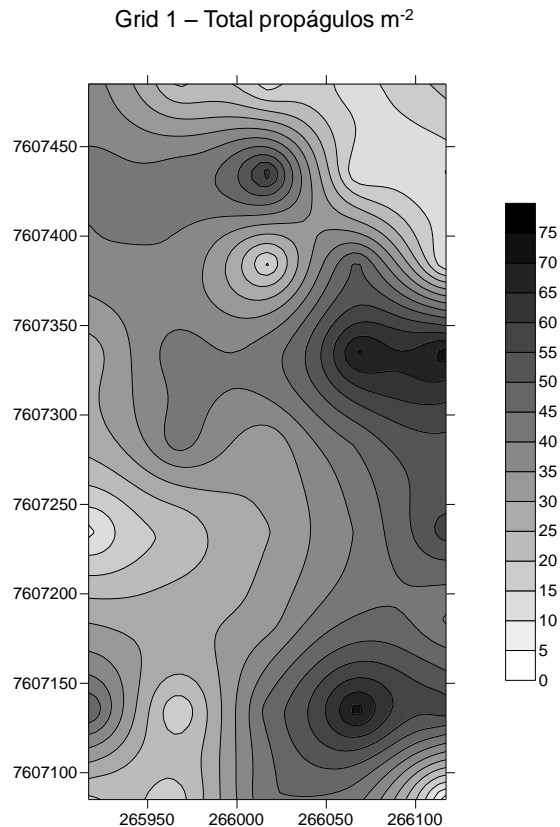


Figura 21. Mapa de krigagem do total de propágulos m^{-2} presentes no banco de sementes do Grid 1 – amostras espaçadas de 50 x 50 metros. Fazenda Nossa Senhora das Dores – Campos dos Goytacazes – RJ.

Todas as espécies que apresentaram efeito pepita puro no Grid 1 (AGECO, CYPRO, SIDSP, RCHBR, e o total das plantas Liliopsidas) e no Grid 2 (PYLNI, RCHBR, e o total das plantas daninhas), representaram uma distribuição espacial aleatória ou então o número de amostragens não foi suficiente para detectar dependência espacial, indicando que a grade de amostragem foi ineficiente, sendo necessárias amostragens com distâncias menores, se houver, uma dependência. Os mesmos efeitos foram relatados por Vieira (2000) e Potrich (2012).

Todas as outras espécies foram interpoladas com os dados para krigagem com o objetivo de obter mapas de infestação de plantas daninhas, pois apresentaram dependência espacial.

As espécies EMISO e o total de plantas Magnoliopsidas do Grid 1 e CYPRO, MOLVE, total de Liliopsidas e o total de Magnoliopsidas do Grid 2, apesar de apresentarem dependência espacial e com um índice de dependência espacial classificado como moderado, obtiveram um valor de alcance muito

elevado (Tabelas 4 e 6). Pois, este parâmetro indica a distância limite em que os pontos estão correlacionados entre si, sendo importante na definição de qual o melhor procedimento de amostragem adotar (McBratney e Webster, 1983; Lima et al., 2006; Jordão et al., 2015).

Portanto, para este estudo, estas espécies obtiveram valores de alcance que ultrapassaram os limites da área estabelecidos para a coleta dos dados, e assim, os mapas obtidos por krigagem não devem ser considerados confiáveis.

As espécies COMBE, EPHHS, MOLVE, PYLNI, CYNDA e o total de propágulos no Grid 1, e as espécies EMISO, PYLNI e CYNDA no Grid 2 apresentaram um índice de dependência espacial forte e com valores de alcance que não ultrapassaram os limites de área estabelecidos para a coleta dos dados.

Considerando estes resultados pode-se afirmar que para estas espécies, o processo de interpolação por krigagem pode ser utilizado como uma ferramenta eficaz e confiável para a elaboração de mapas de infestação de plantas daninhas.

CONCLUSÕES

As plantas daninhas que obtiveram um índice de dependência espacial forte foram *Commelina benghalensis*, *Chamaesyce hyssopifolia*, *Mollugo verticillata*, *Phyllanthus niruri*, *Cynodon dactylon* e o total de propágulos no Grid 1, e as espécies *Emilia fosbergii*, *Phyllanthus niruri* e *Cynodon dactylon* no Grid 2. Estas espécies, nas condições experimentais deste trabalho podem ser interpoladas por krigagem e os mapas de infestação de plantas daninhas podem ser confeccionados de forma eficaz e confiável, para uma posterior aplicação localizada de herbicidas.

Assim, o processo de interpolação por krigagem pode ser utilizado como uma ferramenta eficaz e confiável para a elaboração de mapas de infestação de plantas daninhas.

Porém, se os dados não forem bem dimensionados, esta técnica pode fornecer valores superestimados em determinados locais, o que resultaria em uma aplicação localizada com doses acima da necessidade real em um ponto qualquer, podendo trazer riscos de contaminação ambiental e não obter o controle adequado das plantas daninhas, podendo reduzir drasticamente a produtividade da cultura quando elas não são manejadas no período crítico de interferência. E

se os valores forem subestimados a aplicação não resultaria em um controle adequado das plantas daninhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A. R. S., Guerrini, I. A., Garcia, C. J. B., Katez, I., Guerra, H. O. C. (2005) Variabilidade espacial da densidade do solo sob manejo da irrigação. *Ciência Agrotecnológica*. vol. 29, n. 2, p. 322-329.
- Armstrong, M. (1998). *Basic Linear Geostatistics*. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Baker, H. G. (1989) Some Aspects of the Natural History of Seed Banks. In: LECK, M.A.; PARKER, T. V.; SIMPSON, R. L. eds *Ecology of Soil Seed Banks*. New York: Academic Press. p. 9-21.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Turco, R. F., Konopka, A. E. (1994) Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soil. *Journal / Soil Science Society of America*, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511.
- Cardina, J., Johnson, G. A., Sparrow, D. H. (1997) The nature and consequence of weed spatial distribution. *Weed Science*, Champaign, v. 45, n. 3, p. 364-373.
- Cardina, J., Sparrow, D.H. (1996) A comparison of methods to predict weed seedling populations from the soil seedbank. *Weed Science*, Champaign, v.44, n.1, p.46-51.
- Cardina, J., Sparrow, D. H., McCoy, E. L. (1995) Analysis of spatial distribution of common lambsquarters (*Chenopodium album*) in no-till soybean (*Glycine max*). *Weed Science*, v. 43, n. 2, p. 258-268.
- Cardina, J., Sparrow, D. H., McCoy, E. L. (1996) Spatial relationships between seedbank and seedling populations of common lambsquarters (*Chenopodium album*) and annual grasses. *Weed Science*, v. 44, n. 3, p. 298-308.
- Carmona, R. (1995) Bancos de sementes e estabelecimento de plantas daninhas em alguns agroecossistemas. *Planta Daninha*, Brasília, v. 14, n. 1, p. 3-8.
- Carvalho, J. R. P., Silveira, P. M., Vieira, S. R. (2002) Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 8, p.1151-1159.

- Cherubin, M. R., Santi, A. L., Eitelwein, M. T., Amado, T. J. C., S., Simon, D. H., Damian, J. M. (2015) Dimensão da malha amostral para caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho. *Pesq. agropec. bras. [online].*, vol.50, n.2, pp. 168-177.
- Chiba, M. K., Guedes Filho, O., Vieira, S. R. (2010) Variabilidade espacial e temporal de plantas daninhas em Latossolo Vermelho argiloso sob semeadura direta. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.32, n.4, p.735- 742.
- Clay, S. A., Lems, G. J., Clay, D. E., Ellsburry, M. M., Carlson, C. G. (1999) Sampling weed spatial variability on a fieldwide scale. *Weed Science*, v. 47, n. 5, p. 674-681.
- Fernandes, F. G. (2013) Estudo do melhor método de extrapolação de regressão múltipla para construção do modelo geometalúrgico de uma mina de fosfato brasileira. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Minas, 130 p.
- Freitas, R. R. (1990) Dinâmica do banco de sementes em uma comunidade de plantas daninhas com aspectos da germinação e dormência de sementes de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch). 1990. 117 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- Guimarães, E. C. (2004) *Geoestatística básica e aplicada*. Universidade Federal de Uberlândia, 78 p. vol. 1.
- Jordão, W. H. C., Zanchi, F. B., Ferreira, D. M. M., Pagani, C. H. P., Luizão, F. J., Neves, J. R. D., Duarte, M. L. (2015) Variabilidade do índice de área foliar em campos naturais e floresta de transição na região Sul do Amazonas. *Rev. Ambient. Água [online].* vol.10, n.2, pp. 363-375.
- Lacerda, A. L. S. (2003) Fluxos de emergência e banco de sementes de plantas daninhas em sistemas de semeadura direta e convencional e curvas dose-resposta ao glyphosate. 2003. 141 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba
- Lamparelli, R. A. C., Rocha, J. V., Borghi, E. (2001) *Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações*. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária.
- Lima, J. S. S., Silva, J. T. O., Oliveira, R. B., Almeida, V. S., Vanzo, F. L. (2006) Estudo da viabilidade de métodos geoestatístico na mensuração da variabilidade espacial da dureza da madeira de Paraju (*Manilkara* sp.). *Revista Árvore*, v. 30, n. 4, p. 651-657.

- Lorenzi, H. (2000) *Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. 3ª ed. Plantarum, Nova Odessa, Brasil, 620 pp.
- Luschei, E. C., Buhler, D. D., Dekker, J. H. (1998) Effect of separating giant foxtail (*Setaria faberi*) seeds from soil using potassium carbonate and centrifugation on viability and germination. *Weed Science*, v. 46, p. 545-548.
- Machado, L. O., Lana, A. M. Q., Lana, R. M. Q., Guimarães, E. C., Ferreira, C. V. (2007) Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. vol.31, n.3, pp. 591-599.
- Mcbratney, A. B., Webster, R. (1983) How many observations are needed for regional estimation of soil properties. *Soil Science*, v. 135, p. 177-183.
- Mendes, A. M. S., Fontes, R. L. F., Oliveira, M. (2008) Variabilidade espacial da textura de dois solos do deserto salino, no Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, n. 01, p. 19-27.
- Potrich, D. C. (2012) Variabilidade espacial de atributos do solo e correlação com a produtividade da cultura da soja. Dourados – MS, 55p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Grande Dourados.
- Ribeiro Júnior, P. J. (1995) Métodos geoestatísticos no estudo da variabilidade espacial de parâmetros do solo. Piracicaba, 99p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- Ribeiro, M. S. (2014) Geoestatística utilizada no planejamento estratégico de florestas de produção de *Pinus taeda* L. Paraná, 83 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias.
- Roberts, H. A., Nielson, J. E. (1981) Changes in the soil seed bank of four long term crop herbicide experiments. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, v.18, p.661-668.
- Rocha, F. C., Oliveira Neto, A. M., Bottega, E. L., Guerra, N., Rocha, R. P., Vilar, C. C. (2015) Weed mapping using techniques of precision agriculture. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 33, n. 1, p. 157-164.
- Schaffrath, V. R., Tormena, C. A., Gonçalves, A. C. A., Oliveira Junior, R. S. (2007) Variabilidade espacial de plantas daninhas em dois sistemas de manejo de solos. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 1, p. 53-60.
- Shiratsuchi, L. S., Fontes, J. R. A., Resende, A. V. (2005) Correlação da distribuição espacial do banco de sementes de plantas daninhas com a fertilidade dos solos. *Planta Daninha*, Londrina, v. 23, n. 3, p. 429-436.

- Vieira, S. R. (1997) Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP). *Bragantia*, Campinas, v.56, n.1, p.1-17.
- Vieira, S. R. (2000) Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G.R. (Eds.) *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-54.
- Voll, E., Adegas, F. S., Gazziero, D. L. P., Brighenti, A. M., Oliveira, M. C. N. (2003) Amostragem do banco de semente e flora emergente de plantas daninhas. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 38, n. 2, p. 211-218.
- Webster, R., Oliver, M. A. (2007) *Geostatistics for environmental scientists*. 2nd ed. Chichester: J. Wiley, 330p.

3.2. DINÂMICA ESPACIAL DA FAUNA EDÁFICA UTILIZANDO TÉCNICA GEOESTATÍSTICA

RESUMO

As pesquisas no Brasil com variações na fauna edáfica em resposta a sistemas de preparo, manejo e cultivo do solo são incipientes. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a fauna do solo em função da sua distribuição espacial na cultura da cana-de-açúcar. Foram coletadas 44 amostras de solo na área experimental, a 5 cm de profundidade, uniformemente espaçadas em 5 metros com auxílio de um gabarito de 0,25 x 0,25 m, as quais foram posteriormente alocadas em funis de bateria de extratores Berlese-Tullgren, com lâmpadas de 25 W acessas em cima de cada um durante 15 dias. Na saída dos funis foi colocado um erlenmeyer contendo solução de ácido acetil salicílico. Os indivíduos capturados foram identificados e quantificados, em grandes grupos taxonômicos, e foram realizados estudos da dependência espacial dos grupos edáficos utilizando técnicas geoestatísticas. Foram identificados 18 grupos na área experimental, as interpolações por krigagem mais representativas, com os valores de alcance que variaram de 0,13 até 7,56 m, foram observados para os grupos Coleoptera (larva), Collembola, Diplopoda, Diptera (larva), Formicidae, Hymenoptera e o total de indivíduos m^{-2} , com esses indivíduos foram obtidos os

mapas que indicaram a sua posição espacial em função das distâncias. Conclui-se que as análises espaciais dos grupos da fauna edáfica são importantes para evidenciar o comportamento dos mesmos, auxiliando na tomada de decisão quanto ao melhor manejo agrícola utilizar de forma que haja um equilíbrio entre a sustentabilidade da fauna e o agroecossistema.

Palavras-chave: fauna do solo, krigagem, semivariograma.

ABSTRACT

Brazil's research with differences in soil fauna in response to tillage systems, management and soil cultivation are incipient. This study aimed to evaluate the soil fauna depending on their spatial distribution in sugarcane crop. It was collected 44 soil samples in the experimental area, 5 cm deep, evenly spaced five meters with the aid of a template 0.25 x 0.25 m, which were later allocated to funnels Berlese-Tullgren extractors with 25 W lamps on the top of each for 15 days. At the exit of the funnels were placed Erlenmeyer flasks containing acetylsalicylic acid solution. The individuals captured were identified and quantified in large taxonomic groups, and studies have been conducted to the spatial dependence of the edaphic groups using geostatistical techniques. Were identified 18 groups in the experimental area, the most representative interpolations by Kriging, with the range of values that ranged from 0.13 to 7.56 m, were observed four groups Coleoptera (larvae), Collembola, Diplopoda, Diptera (larvae), Formicidae, Hymenoptera, and total of individuals per m^{-2} , these individuals were obtained which maps indicate their spatial position as a function of distance. It was possible to conclude that the spatial analysis of the soil fauna groups are important to highlight their behavior, helping in decision making regarding the best agricultural management use so that there is a balance between the sustainability of the fauna and the agro-ecosystem.

Keywords: soil fauna, kriging, semivariogram.

INTRODUÇÃO

As pesquisas no Brasil com variações na fauna edáfica em resposta a sistemas de preparo, manejo e cultivo do solo são incipientes. Alguns estudos relatam que há influência do manejo do solo (Baretta et al., 2003; 2006), da cobertura vegetal (Moço et al., 2005) e dos sistemas de preparo (Cividanes, 2002) sobre a fauna do solo.

A adição de resíduos orgânicos em sistemas de cultivo pode influenciar a fauna do solo devido à alteração na oferta de alimentos, disponibilidade de abrigo e por promoverem alterações na temperatura e umidade do solo (Baretta et al., 2003). Nunes et. al. (2009), observaram que solos que sofreram queimadas apresentaram diminuição das populações de diferentes espécies de insetos, com alteração da estrutura da comunidade, como por exemplo, a diminuição da quantidade de formas juvenis (larvas) e o aumento de insetos sociais especialmente do grupo Formicidae (formigas). Nos solos sob mata, verificou-se maior ocorrência de indivíduos da macrofauna de hábitos saprófagos e predadores.

Almeida et al. (2007), estudando três sistemas semeadura direta, pastagem e cultivo convencional, encontraram maior abundância de fauna edáfica na semeadura direta. A menor abundância de organismos foi observada na pastagem e no cultivo convencional, o que provavelmente se relaciona à oferta de alimentos em termos quantitativos e qualitativos. Tanto para a diversidade quanto para a abundância, os menores valores obtidos foram para preparo convencional. Avaliando o efeito da adubação orgânica e convencional do solo sobre a abundância e diversidade da macrofauna edáfica, Alves et al. (2008) encontraram maior diversidade na macrofauna do solo para a adubação organomineral. Segundo os autores houve melhor balanço dos fertilizantes e com isso a macrofauna edáfica foi beneficiada.

Plantas de cana-de-açúcar podem ser intoxicadas devido à aplicação de alguns herbicidas, apesar de se recuperarem posteriormente (Freitas et. al, 2004), mostrando que herbicidas são potencialmente capazes de alterar o ambiente. O

uso de herbicidas de diferentes grupos químicos na cana-de-açúcar constitui prática comum no manejo das plantas daninhas nessa cultura (Costa et al., 2007). Considerando que o herbicida pode alterar o ambiente do solo, é interessante conhecer o efeito desta prática agrônômica sobre a comunidade de organismos presentes no solo.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a fauna do solo em função da sua distribuição espacial em um cultivo de cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Abadia pertencente ao Grupo Queiroz Galvão, coordenadas 21°43'84" S e 41°12'63" W, a classificação do solo é uma associação de Cambissolo e Neossolo Flúvico com atividade de argila média a alta, eutróficos com texturas argilosas a argilo-siltosos, no município de Campos dos Goytacazes, ao norte do estado do Rio de Janeiro em área de cultivo de cana-de-açúcar tratada com herbicidas.

O clima da região, segundo Köppen, é classificado como Aw, do tipo quente úmido. A temperatura média anual está em torno de 23,1°C, média das máximas de 29°C e média das mínimas em torno de 19°C. A região caracteriza-se por apresentar precipitação média anual de 884,8 mm, concentrando-se 71% nos meses de outubro a março.

O experimento foi conduzido no sistema de preparo convencional do solo, com aração e gradagem realizadas no dia 22/03/2010. A variedade de cana-planta foi a RB 867515, plantada no dia 24/03/2010.

A variedade RB867515 (mineirinha) foi desenvolvida pelo programa de melhoramento genético de cana-de-açúcar da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Ela apresenta amadurecimento médio e a colheita é recomendada para ser feita do meio para o fim da safra no centro-sul do Brasil. Apresenta alta produtividade agrícola em cana-planta e soca, caracterizando-se pelo rápido crescimento vegetativo, tolerância à seca, boa brotação de soqueira, alto teor de sacarose, porte alto, hábito de crescimento ereto, ampla adaptabilidade, boa despalha e alta densidade do colmo. Apresenta resistência a ferrugem, carvão, escaldadura e broca da cana-de-açúcar, tendo reação intermediária em relação a estrias vermelhas e falsas estrias vermelhas (PMGCA, 2010).

A área total do experimento foi de 1.456 m² (Figura 22). A coleta do solo para o estudo da fauna edáfica foi realizada após a aplicação dos herbicidas, onde foram coletadas um total de 44 amostras georreferenciadas por meio do equipamento de posicionamento global (GPS) modelo “Garmin Etrex Legend” até a profundidade de 5 cm, uniformemente espaçados em 5 metros, utilizando-se um gabarito de 0,25 x 0,25 m.

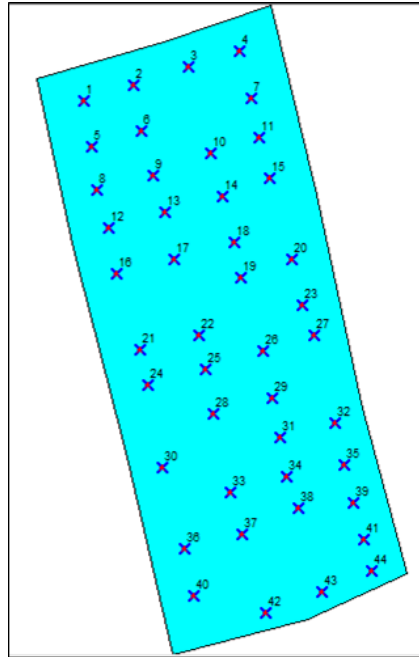


Figura 22. Grid de amostragem da fauna do solo.

Após a coleta, as amostras foram levadas para o Setor de Solos da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, onde foram transferidas para um funil da bateria de extratores Berlese-Tullgren, tendo em sua base um recipiente de vidro contendo cerca de 150 ml da solução de ácido acetilsalisílico que conserva os indivíduos, de onde os componentes da fauna do solo foram coletados. Após a transferência das amostras para o funil, a bateria de extratores foi vedada completamente e acima dos funis lâmpadas de 25W ficaram acesas durante todo o período de extração, o qual foi de 15 dias. As lâmpadas fornecem calor suficiente para promover um gradiente de umidade na amostra, o que força os organismos migrarem para o fundo do funil e, conseqüentemente, cair dentro do vidro coletor. O conteúdo de cada amostra foi analisado individualmente, em placas de Petri, com o auxílio de uma lupa binocular. Os

indivíduos capturados foram identificados em nível de grandes grupos taxonômicos e quantificados (Moço et al., 2005).

Os dados das coordenadas geográficas (coordenadas UTM - Universal Transverse Mercator) de cada ponto foram processados no programa computacional "GPS Trackmaker", e transferidos juntamente com o número de indivíduos m⁻² da fauna edáfica para o programa de computador "Microsoft Excel", e posteriormente foram transferidos para o programa GS⁺ para o ajuste de modelos matemáticos na definição dos semivariogramas. Com os semivariogramas ajustados, os parâmetros foram transferidos para o programa Surfer 8.0, onde foi realizada a interpolação das variáveis e obtidos os mapas de krigagem, resultando em mapas da fauna edáfica, sendo reconhecida como sendo a melhor estimativa linear e não tendenciosa (Lamparelli, 2001).

A análise da dependência espacial das amostras em relação ao espaço foi feita por meio da geoestatística, que se baseia na suposição de que medições separadas por distâncias pequenas são mais semelhantes umas às outras, que aquelas separadas por distâncias maiores (Mendes et al., 2008). O semivariograma mede o grau de dependência espacial entre as amostras dentro de um campo experimental específico.

O grau de dependência espacial dos grupos da fauna edáfica foi avaliado por meio do índice de dependência espacial (IDE), que calcula a contribuição do efeito pepita na variância total. De acordo com Cambardella et al. (1994), o grau de dependência espacial pode ser classificado como forte (IDE ≤ 25%), moderado (25% > IDE < 75%) e fraco (IDE ≥ 75%).

$$IDE = \frac{C_0}{C_0 + C} \times 100$$

C₀: efeito pepita; C: variância estrutural.

A partir destas análises com a obtenção dos parâmetros geoestatísticos, modelos digitais da espacialização dos grupos da fauna edáfica foram gerados e com os resultados as populações dos grupos da fauna edáfica foram estimadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indivíduos da fauna edáfica apresentam papel importante na ciclagem de nutrientes (Lavelle et al., 1992; Abreu et al., 2014), e no contexto agrícola o seu comportamento espaço-temporal pode ser visualizado por meio de técnicas geoestatísticas.

Com o auxílio de microscópio estereoscópio foi possível identificar organismos pertencentes a diversos grupos de fauna do solo, tais como Acarina, Araneae, Blattodea, Coleoptera (adulto), Coleoptera (larva), Collembola, Chilopoda, Diplopoda, Diptera (adulto), Diptera (larva), Formicidae, Hymenoptera, Isoptera, Oligochaeta, Pauropoda, Protura, Psocoptera e Symphyla (Tabela 7). Alguns organismos foram quantificados com uma maior frequência do que outros, e nem todos os grupos da fauna do solo foram encontrados em todos os locais que foram coletados. Esses grupos da fauna do solo foram quantificados de acordo com cada ponto georreferenciado.

Os dados foram submetidos à análise dos parâmetros dos semivariogramas para cada grupo da fauna do solo, apresentados na Tabela 7. Os grupos Acarina, Blattodea, Coleoptera (adulto), Oligochaeta, Pauropoda, Protura e Psocoptera não apresentaram dependência espacial não sendo possível ajustar nenhum modelo devido à heterogeneidade dos dados. Este efeito é dado pela alta variância nas amostras no espaçamento estudado. Sendo assim, o variograma analisado para estes grupos foi o efeito pepita puro, indicando que a distribuição na área experimental é ao acaso, impossibilidade a elaboração dos mapas destes grupos por krigagem (Figura 23).

Tabela 7. Parâmetros dos semivariogramas de todos os grupos da fauna edáfica presentes na área experimental na Fazenda Abadia, Campos dos Goytacazes – RJ.

Grupos da fauna edáfica	Modelo matemático	C₀	C₀+C	a (m)	r²	C₀/C₀+C	IDE
Acarina	EPP	325089	325089	21,52	0,013	1,00	Fraco
Araneae	Esférico	11880	23770	63,04	0,582	0,50	Moderado
Blattodea	EPP	10,79	10,79	31,52	0,169	1,00	Fraco
Coleoptera (adulto)	EPP	188,18	188,18	31,52	0,000	1	Fraco
Coleoptera (larva)	Exponencial	33,9	349,3	3,12	0,046	0,094	Forte
Collembola	Exponencial	1980	23940	3,06	0,071	0,082	Forte
Chilopoda	Linear	16,56	22,68	31,52	0,173	0,73	Moderado
Diplopoda	Exponencial	0,80	106,9	0,13	0,000	0,007	Forte
Diptera (adulto)	Esférico	39,9	104,2	29,16	0,612	0,38	Moderado
Diptera (larva)	Esférico	27,00	410,70	6,93	0,024	0,065	Forte
Formicidae	Esférico	371,00	2623,00	7,56	0,051	0,14	Forte
Hymenoptera	Gaussiano	1,50	87,13	4,56	0,403	0,017	Forte
Isoptera	Linear	31,92	44,18	31,52	0,062	0,72	Moderado
Oligochaeta	EPP	32,82	39,52	31,52	0,070	0,83	Fraco
Paupoda	EPP	9,90	10,81	31,52	0,013	0,91	Fraco
Protura	EPP	54,35	58,62	31,52	0,010	0,93	Fraco
Psocoptera	EPP	5,41	5,41	31,52	0,357	1,00	Fraco
Symphyla	Gaussiano	47,40	96,11	31,65	0,562	0,49	Moderado
Total	Exponencial	53000	545100	1,43	0,004	0,097	Forte

C₀: Efeito pepita; C₀+C: Patamar; a: Alcance; r²: coeficiente de determinação; IDE: Índice de dependência espacial; EPP: Efeito pepita puro.

O restante dos grupos analisados obteve comportamento diferenciado, indicando no ajuste do modelo matemático padrões espaciais distintos, onde 21% dessas variáveis ajustaram-se ao modelo esférico, 21% ao modelo exponencial, 11% ao modelo linear e 11% ao modelo gaussiano (Tabela 7). Os variogramas obtidos encontram-se nas Figuras 24 e 25.

Na análise do IDE verificou-se que este foi considerado fraco para 37% dos grupos da fauna do solo, 26% moderado e 37% forte.

O modelo esférico ajustou-se nos grupos Araneae, Diptera (adulto), Diptera (larva) e Formicidae, mostrando que estes grupos apresentam dependência espacial classificada de moderada a forte. Os valores de alcance (a) variaram de 6,93 até 63,04 m para esses grupos (Tabela 7), indicando a distância em que as amostras estão espacialmente relacionadas, podendo assim obter a distância ideal de uma malha de amostragem.

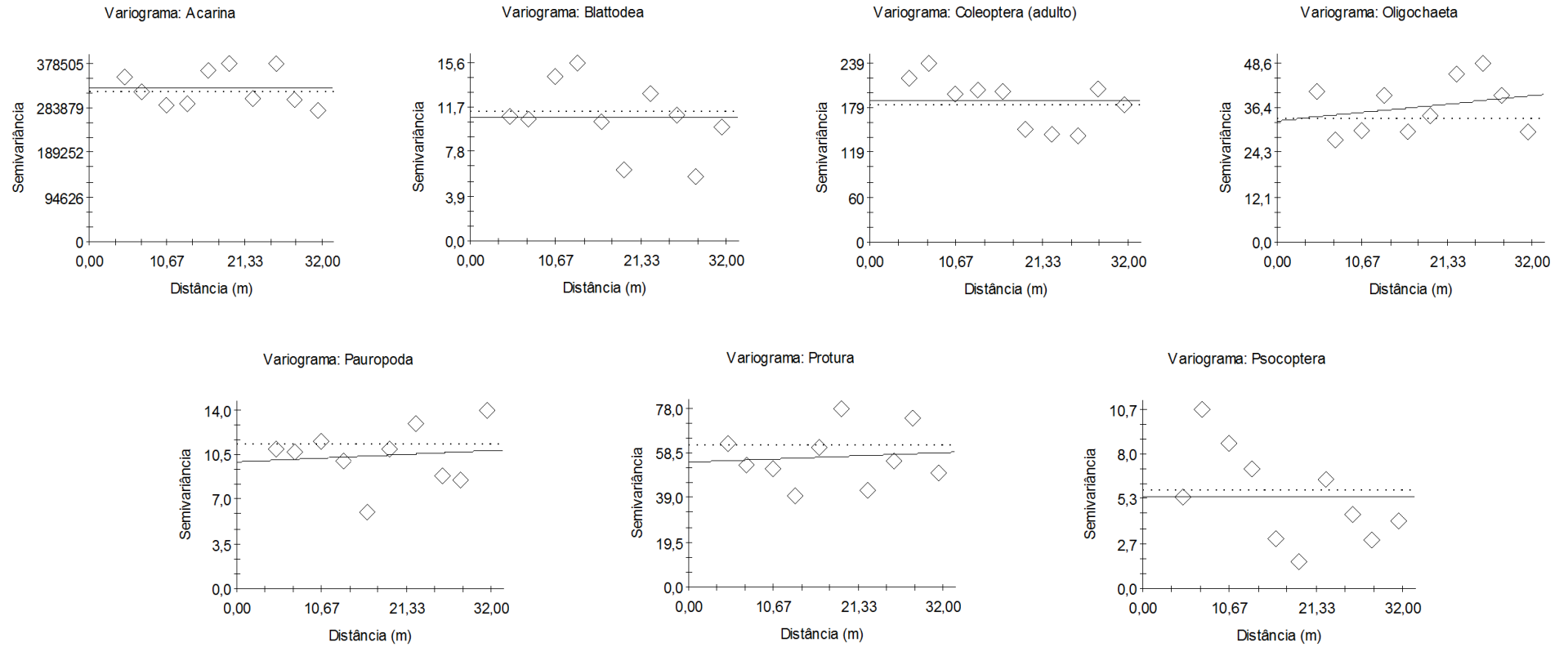


Figura 23. Semivariogramas experimentais dos grupos da fauna do solo sem dependência espacial. Efeito pepita puro.

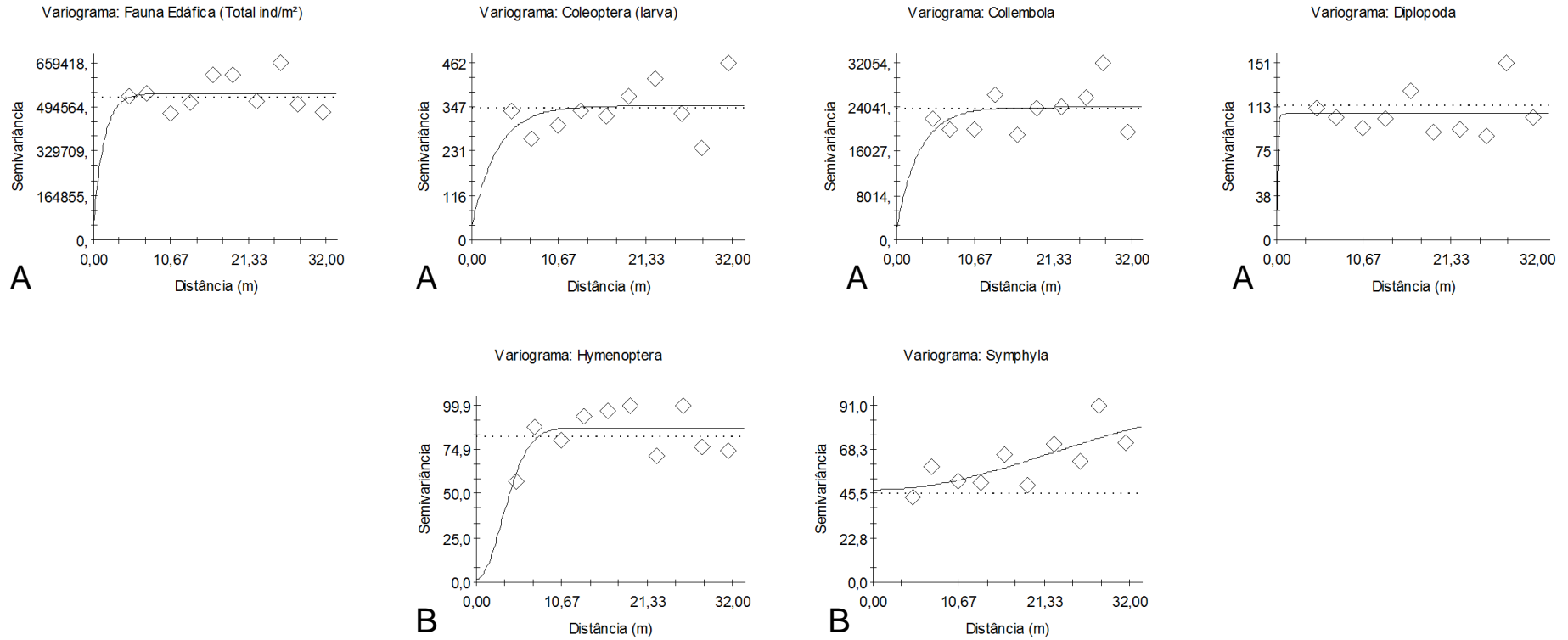


Figura 24. Semivariogramas experimentais dos grupos da fauna do solo com dependência espacial. A: Modelo exponencial; B: Modelo gaussiano.

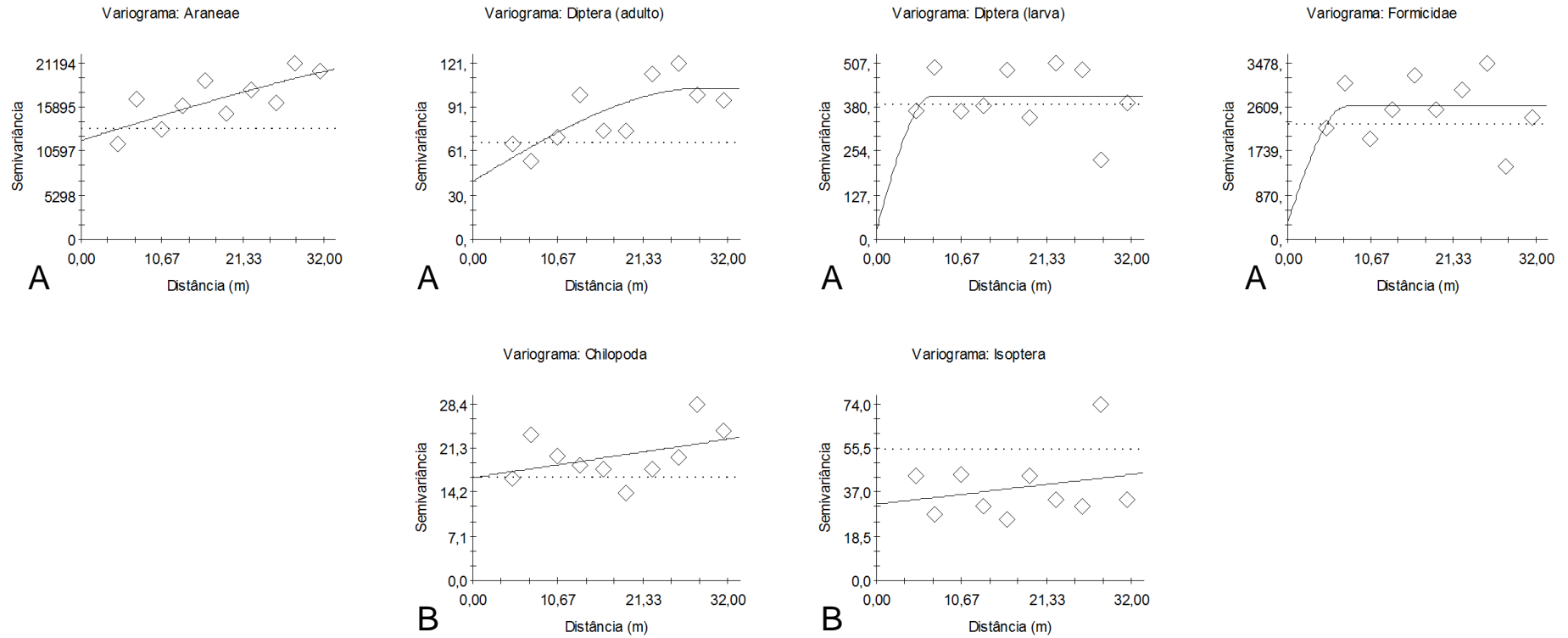


Figura 25. Semivariogramas experimentais dos grupos da fauna do solo com dependência espacial. A: Modelo esférico; B: Modelo linear.

Os mapas de krigagem para os grupos de modelo esférico que apresentaram dependência espacial estão apresentados nas Figuras 26 e 27. Nestas figuras evidenciam-se que estes grupos estão presentes nas regiões centrais das manchas.

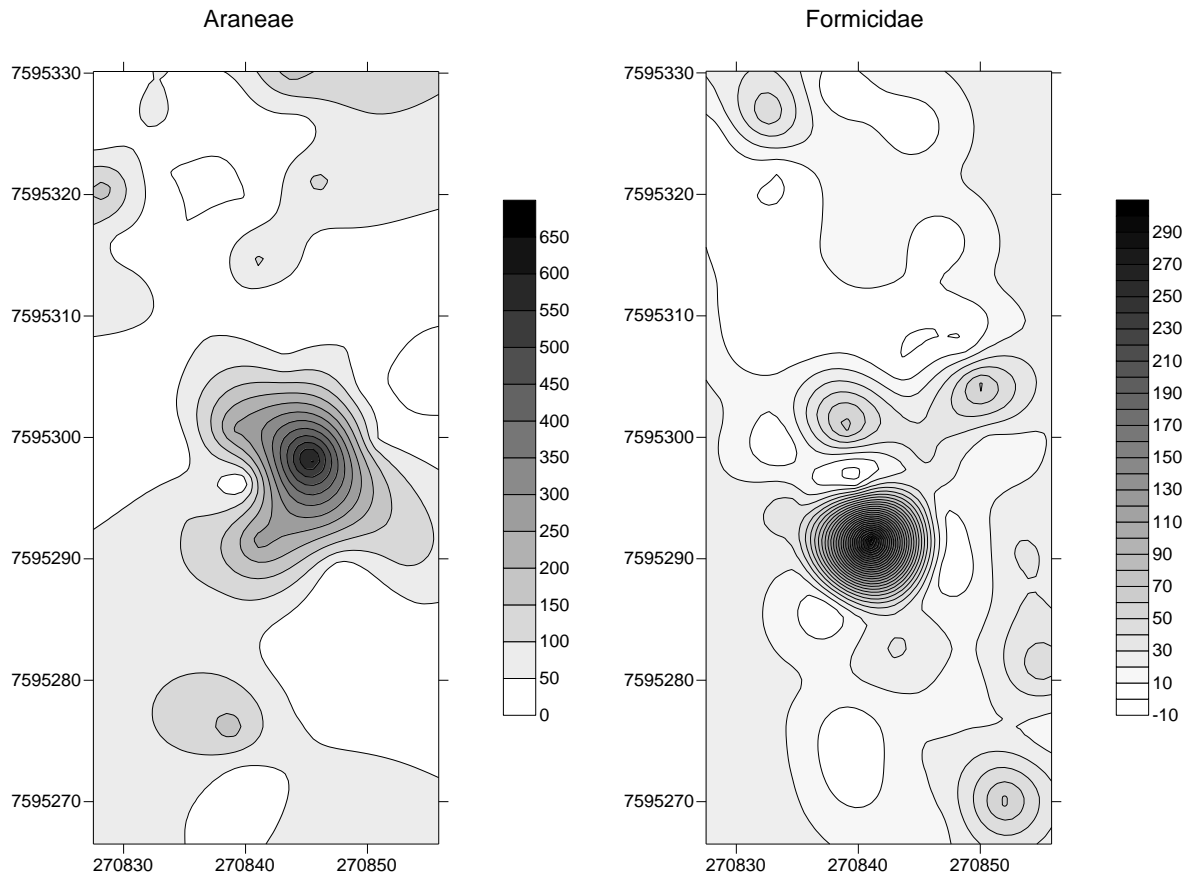


Figura 26. Mapas de krigagem dos grupos Araneae e Formicidae presentes em área de produção de cana-de-açúcar. Fazenda Abadia, Campos dos Goytacazes – RJ.

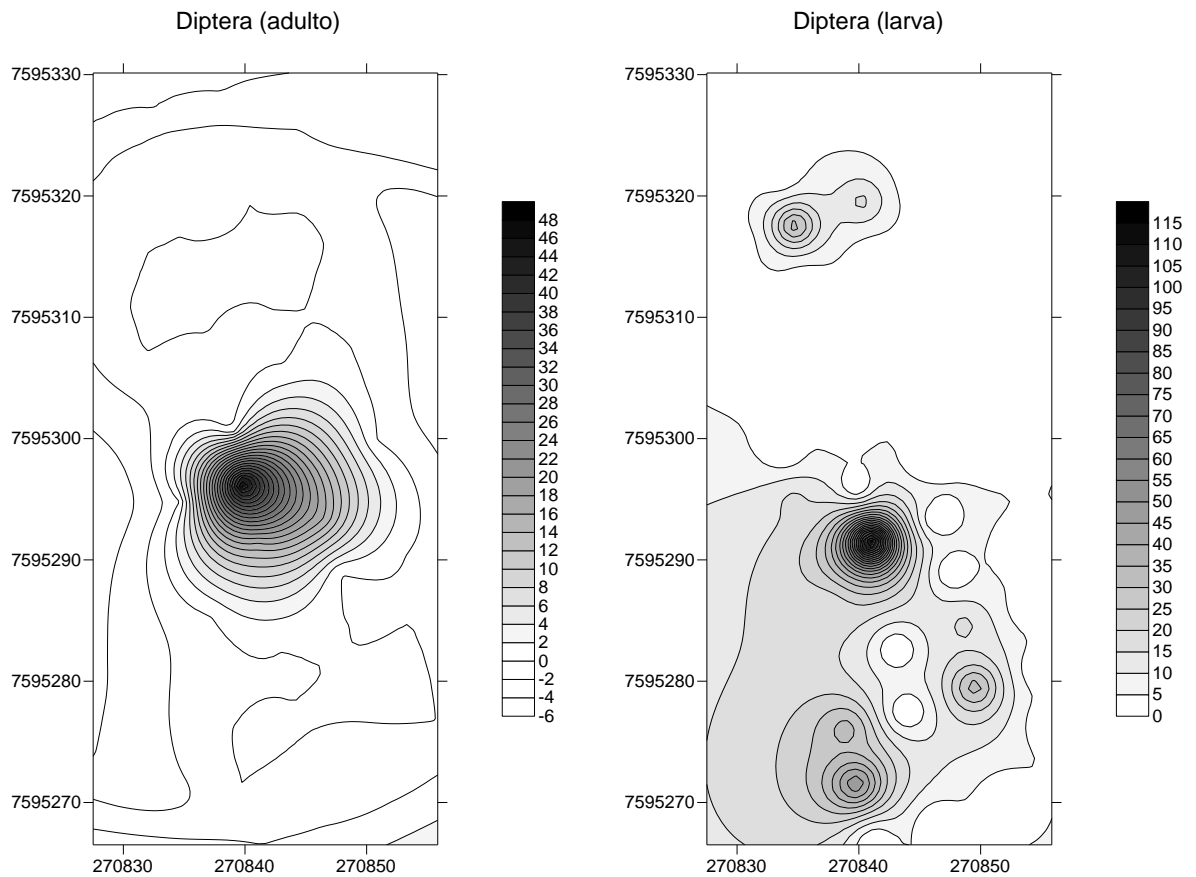


Figura 27. Mapas de krigagem dos grupos Diptera (adulto) e Diptera (larva) presentes em área de produção de cana-de-açúcar. Fazenda Abadia, Campos dos Goytacazes – RJ.

Ao modelo linear ajustaram-se os grupos Chilopoda e Isoptera, caracterizando que estes grupos apresentam dependência espacial, sendo classificada como moderada. Os valores de alcance (a) foram de 31,52 m para ambos os grupos (Tabela 7), indicando a distância em que as amostras estão espacialmente relacionadas, podendo assim obter a distância ideal de uma malha de amostragem para esses indivíduos. Com os mapas de krigagem desses grupos observa-se que o grupo Chilopoda obteve a presença de organismos nas regiões centrais e inferiores, já o grupo Isoptera nas regiões inferiores e superiores (Figura 28).

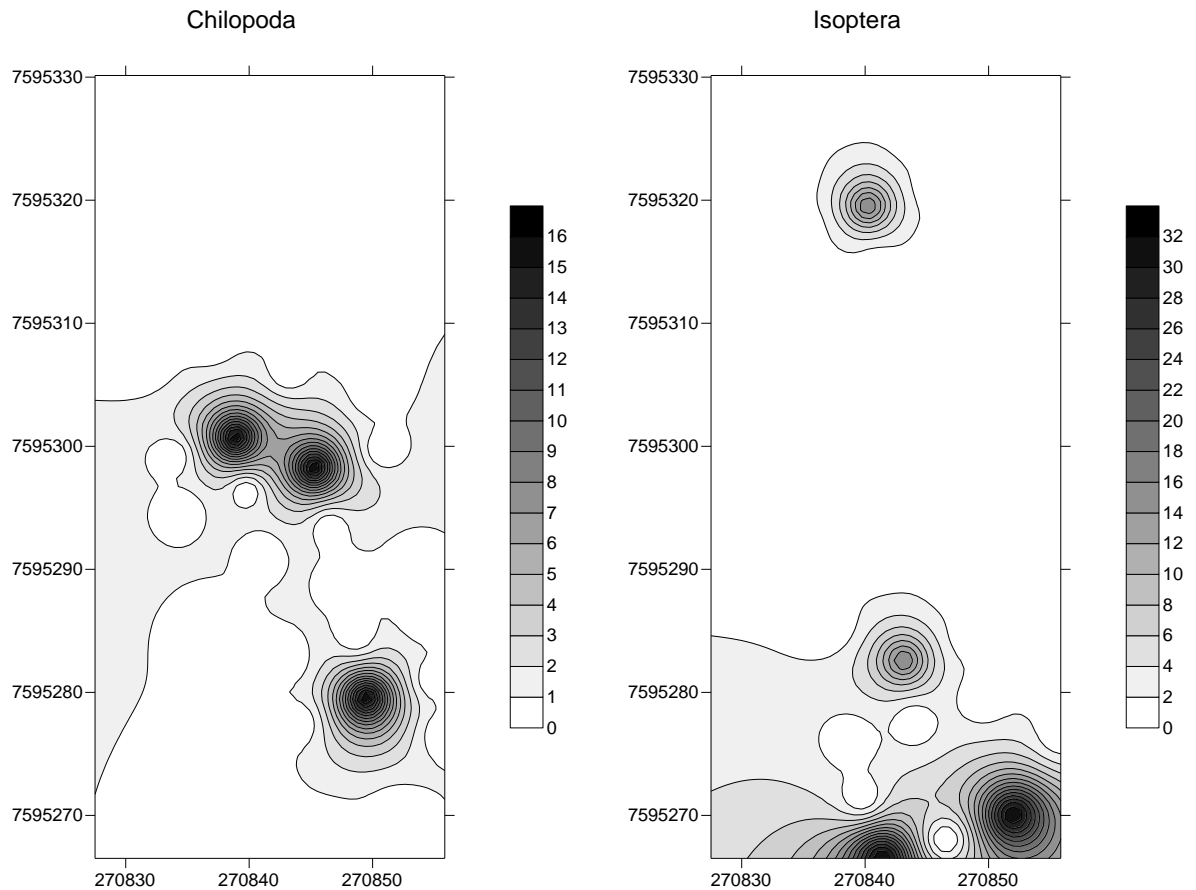


Figura 28. Mapas de krigagem dos grupos Chilopoda e Isoptera presentes em área de produção de cana-de-açúcar. Fazenda Abadia, Campos dos Goytacazes – RJ.

Com os ajustes para os grupos Hymenoptera e Symphylla foi o modelo gaussiano que apresentou dependência espacial classificada como forte e moderado, respectivamente. O alcance (a) foi de 4,56 m para Hymenoptera e de 31,65 para o grupo Symphylla (Tabela 7). Observando o mapa do grupo Hymenoptera, a sua distribuição espacial considerando o maior número de indivíduos ficou nas regiões nordeste e sul. Já para o Symphylla o maior número de indivíduos se concentrou na região central (Figura 29).

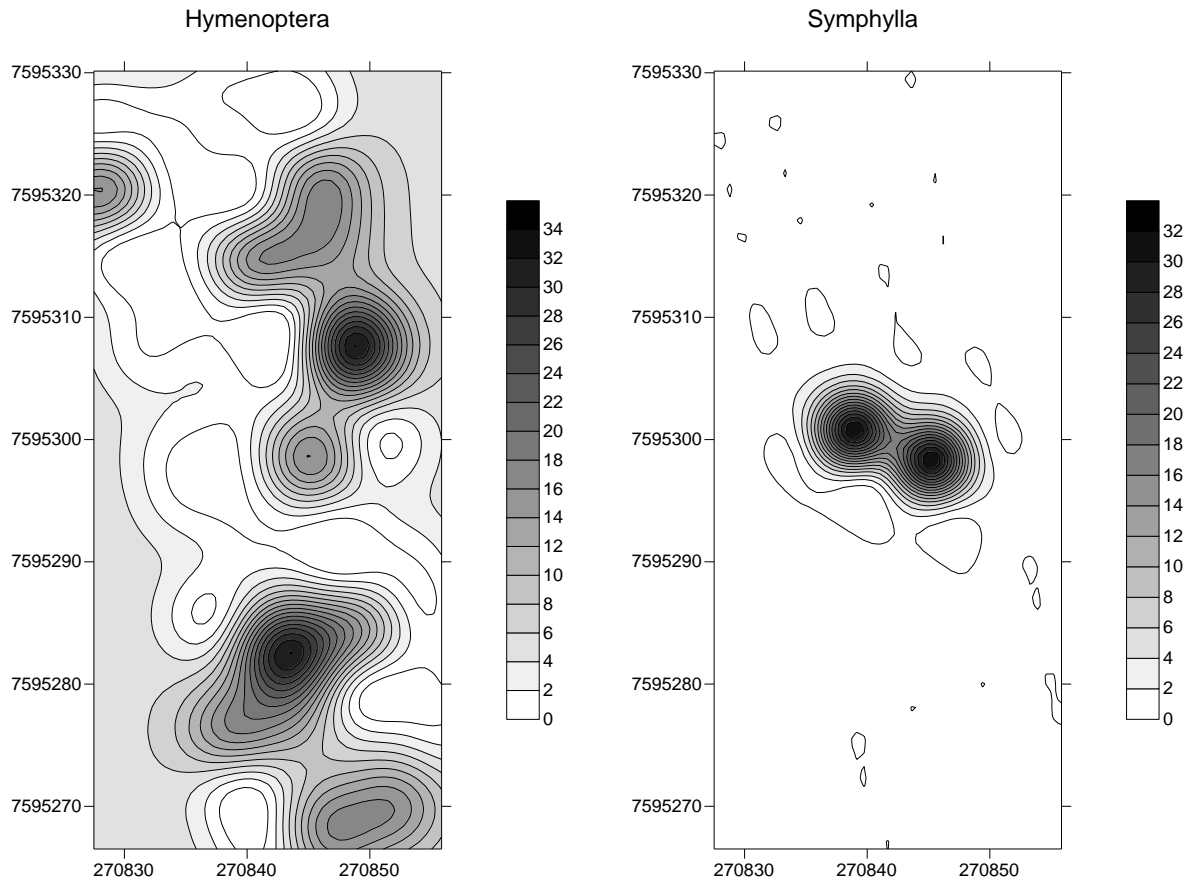


Figura 29. Mapas de krigagem dos grupos Hymenoptera e Symphylla presentes em área de produção de cana-de-açúcar. Fazenda Abadia, Campos dos Goytacazes – RJ.

Os grupos Coleoptera (larva), Collembola, Diplopoda e no total de indivíduos da fauna edáfica ajustou-se ao modelo exponencial, sendo classificados com dependência espacial forte para todos os grupos (Tabela 7). Já o alcance (a) obteve os valores de 3,12; 3,06; 0,13 e 1,43, respectivamente. O mapa de krigagem do grupo Coleoptera (larva) apresentou sua distribuição espacial nas regiões centrais, norte e sul. Com os indivíduos do grupo Collembola, o mapa de krigagem mostrou que estão distribuídos espacialmente nas regiões centrais e sul (Figura 30).

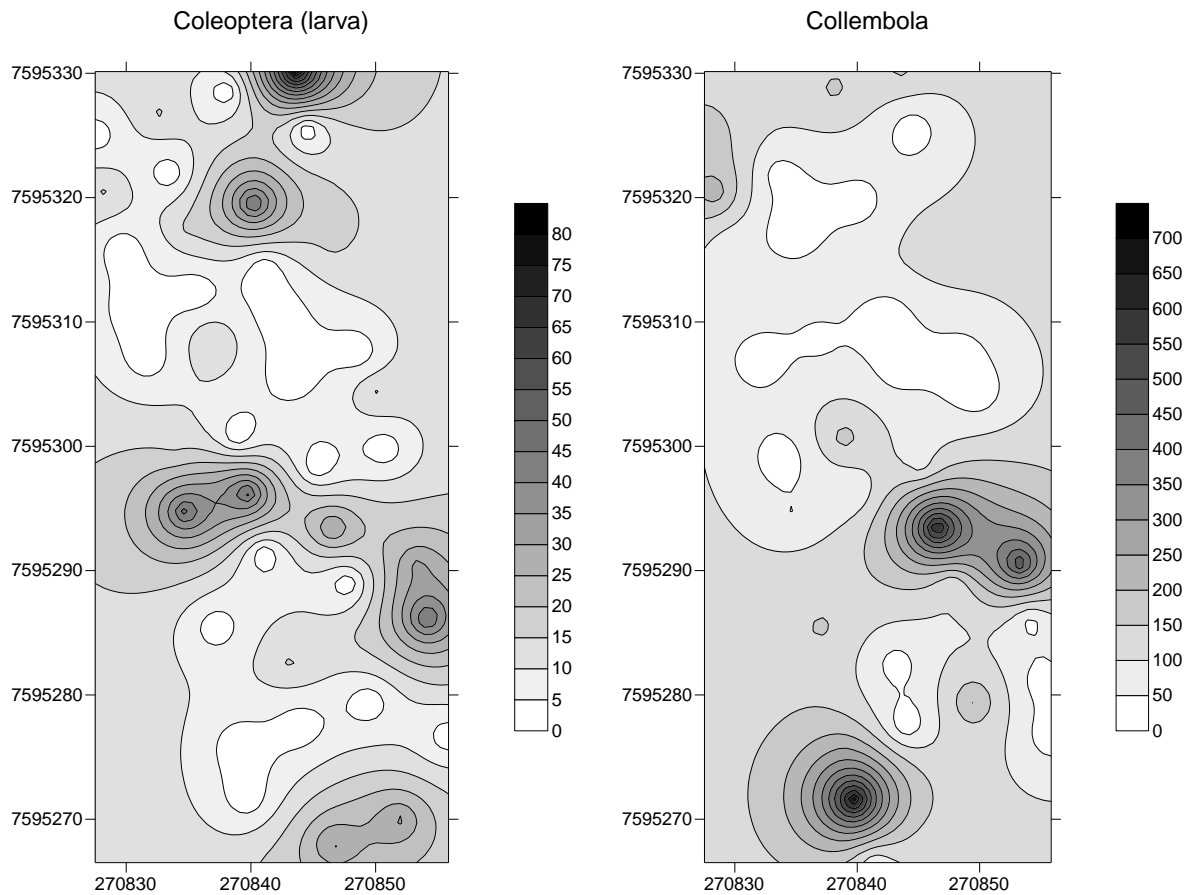


Figura 30. Mapas de krigagem dos grupos Coleoptera (larva) e Collembola presentes em área de produção de cana-de-açúcar. Fazenda Abadia, Campos dos Goytacazes – RJ.

O mapa de krigagem do grupo Diplopoda apresentou sua distribuição espacial nas regiões centrais, norte e sul. Quando considerou o Total de indivíduos m^{-2} , observou no mapa de krigagem que os indivíduos da fauna edáfica têm um comportamento espacial homogêneo na maioria das regiões (Figura 31).

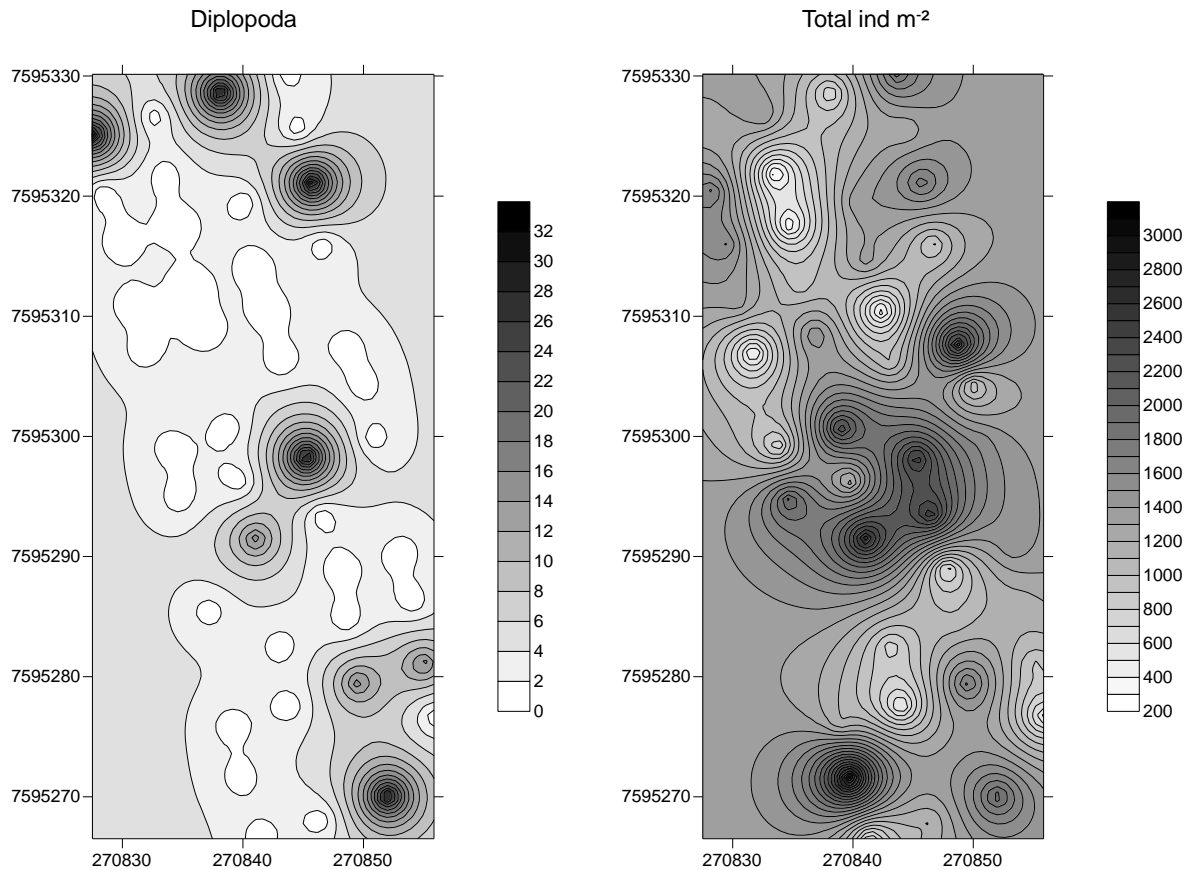


Figura 31. Mapas de krigagem dos grupos Diplopoda e do Total de indivíduos m^{-2} presentes em área de produção de cana-de-açúcar. Fazenda Abadia, Campos dos Goytacazes – RJ.

Nos mapas gerados observou-se que os grupos da fauna do solo não apresentam nenhum tipo de forma de agregação bem definida. Para obter mapas da fauna do solo que sejam confiáveis deve selecionar aqueles que apresentem um valor de alcance menor, que neste caso foram os grupos que obtiveram um IDE forte.

Neste trabalho fica evidenciado que em um contexto agrícola a fauna do solo pode ser avaliada espacialmente se utilizado o método geoestatístico corretamente.

Assim, pode avaliar como se comportará a fauna no ambiente auxiliando na tomada de decisão quanto ao melhor método de controle utilizar, para afetar de forma sustentável a fauna edáfica, pois são organismos do solo importantes para a ciclagem de nutrientes, na decomposição de material vegetal no solo, de processos biológicos no solo, sendo fundamentais na manutenção da fertilidade e produtividade de um agroecossistema.

CONCLUSÕES

Os grupos da fauna do solo que apresentaram efeito pepita puro foram Acarina, Blattodea, Coleoptera (adulto), Oligochaeta, Pauropoda, Protura e Psocoptera, ou seja, houve ausência da dependência espacial, indicando uma distribuição espacial aleatória, não sendo possível a obtenção de mapas por meio da krigagem.

Os grupos Araneae, Chilopoda, Diptera (adulto), Isoptera e Symphyla apresentaram dependência espacial moderada com um alcance variando de 29,16 até 63,04 m. Já os grupos Coleoptera (larva), Collembola, Diplopoda, Diptera (larva), Formicidae, Hymenoptera e o total de indivíduos m⁻², apresentaram um índice de dependência espacial forte, com valores de alcance variando de 0,13 até 7,56 m, indicando a possibilidade de obtenção de mapas por meio da krigagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, R. R. L., Lima, S. S., Oliveira, N. C. R., Leite, L. F. C. (2014) Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 409-416, out./dez.
- Almeida, F. S., Queiroz, J. M., Mayhé-Nunes, A. J. (2007) Distribuição e abundância de ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) em um agroecossistema diversificado sob manejo orgânico. *Floresta e Ambiente* 14(1):33-43.
- Alves, M. V., Santos, J. C. P., Gois, D. T., Alberton, J. V., Baretta, D. (2008) Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.2, p. 589-598.
- Baretta, D., Santos, J. C. P., Bertol, I., Alves, M. V., Manfoi, A. F., Maluche-Baretta, C. R. D. (2006) Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v.5, n.2, pg.108-117.

- Baretta, D., Santos, J. C. P., Mafra, Á. L., Wildner, L. P., Miquelluti, D. J. (2003) Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. *Revista de Ciência Agroveterinárias*, Lages, v.2, n.2, p.97-106.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Turco, R. F., Konopka, A. E. (1994) Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soil. *Journal / Soil Science Society of America*, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511.
- Cividanes, F.C. (2002) Efeitos do sistema de plantio e da consorciação soja-milho sobre artrópodes capturados no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, p. 15-23.
- Costa, A. G. F., Velini, E. D., Rossi, C. V. S., Corrêa, M. R., Negrisoli, E., Fiorini, M. V., Cordeiro, J. G. F., Silva, J. R. M. (2007) Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em préemergência. *Planta Daninha*, v.25, n.1, p.203- 210.
- Freitas, S. P., Oliveira, A. R., Freitas, S. J., Soares, L. M. S. (2004) Controle químico de *Rottboellia exaltata* em cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 461-466.
- Lamparelli, R. A. C., Rocha, J. V., Borghi, E. (2001) *Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações*. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária.
- Lavelle, P., Blanchart, E., Martin, A. (1992) *Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics*. Madison: SSSA, (Especial publication, 29).
- Mendes, A. M. S., Fontes, R. L. F., Oliveira, M. (2008) Variabilidade espacial da textura de dois solos do deserto salino, no Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, n. 01, p. 19-27.
- Moço, M. K., Gama-Rodrigues, E. F., Gama-Rodrigues, A. C., Correia, M. E. F. (2005) Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 555-564.
- Nunes, L. A. P. L., Filho, J. A. A., Menezes, R. I. Q. (2009) Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semiárido nordestino. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 43-49.
- Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar. PMGCA (2010) Araras – SP. http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/dow/VarietiesRB_2008.pdf em 27/09/2010.

4. RESUMOS E CONCLUSÕES

O estudo do banco de sementes de plantas daninhas e da fauna edáfica para a obtenção de mapas em um agroecossistema é importante para verificar como é o comportamento espacial destes tipos de organismos. No banco de sementes a predição de onde será as maiores e mais agressivas infestações de plantas daninhas é essencial para poder reduzir o uso de agrotóxicos, já na fauna a importância está ligada principalmente à ciclagem de nutrientes.

Para tal o método para a geração dos mapas foi a utilização de ferramentas geoestatísticas, onde o método de interpolação dos dados utilizado foi o da krigagem.

Nas plantas daninhas que obtiveram um índice de dependência espacial forte, os dados foram interpolados por krigagem e os mapas de infestação das seguintes espécies foram confeccionados: *Commelina benghalensis*, *Chamaesyce hyssopifolia*, *Mollugo verticillata*, *Phyllanthus niruri*, *Cynodon dactylon* e o total de propágulos no Grid 1, e as espécies *Emilia fosbergii*, *Phyllanthus niruri* e *Cynodon dactylon* no Grid 2. Conclui-se que esta técnica de krigagem para a obtenção de mapas de infestação para essas plantas daninhas e para estas áreas foi eficaz.

A interpolação por krigagem mais representativa foi realizada para os grupos Coleoptera (larva), Collembola, Diplopoda, Diptera (larva), Formicidae, Hymenoptera e o total de indivíduos m^{-2} , com esses indivíduos foram obtidos os mapas que indicaram a sua posição espacial em função das distâncias. Concluiu-se que as análises espaciais dos grupos da fauna edáfica são importantes para evidenciar o comportamento, por exemplo, de um herbicida, auxiliando na tomada de decisão quanto ao melhor método de controle utilizar, de forma que haja um equilíbrio entre a sustentabilidade da fauna e as plantas daninhas.

Assim, se esta técnica for bem dimensionada e aplicada pode ser utilizada tanto para amostragens com espaçamentos menores quanto para espaçamentos maiores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrecht, H., Sommer, H. (1998) Development of the arable weed seed bank after the change from conventional to integrated and organic farming. *Aspects of Applied Biology*, v. 51, p. 279-288.
- Andriotti, J. L. S. (2004) *Fundamentos de Estatística e Geoestatística*. São Leopoldo: Unisinos. 165p.
- Antoniolli, Z. I., Redin, M., Souza, E. L., Pocojeski, E. (2013) Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.6, p.992-998, jun, 2013.
- Ballard, T. O., Bauman, T. T., Foley, M. E. (1996) Germination viability and protein changes during stratification of giant ragweed seed. *Journal of Plant Physiology*, Stuttgart, v.149, n.1/2, p.229-232.
- Baretta, D., Santos, J. C. P., Bertol, I., Alves, M. V., Manfoi, A. F., Maluche-Baretta, C. R. D. (2006) Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v.5, n.2, pg.108-117.
- Barralis, G., Chadoeuf, R., Lochamp, J. P. (1988) Longevité des semences des mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. *Weed Research*, Oxford, v.28, p.407-417.

- Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C. R. (1996) *Ecology: individuals, populations, and communities*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1068 p.
- Bertollo, A. M., Koppe, E., Kaspary, T. E., Bonna, S. D., Silva, V. R. (2013) Variabilidade especial e temporal da resistência à penetração em diferentes umidades de um latossolo vermelho. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.9, N.16; p. 2102.
- Blanco, H. G. (1997) *Manejo de plantas daninhas - Uma abordagem ecológica*. O Biológico, São Paulo, v.59, n.2, p.111-116.
- Bradford, M. A., Tordoff, G. M., Black, H. I. J., Cook, R., Eggers, T., Garnett, M. H., Grayston, S. J., Hutcheson, K. A., Ineson, P., Newington, J. E., Ostle, N., Sleep, D., Stott, A., Hefin Jones, T. (2007) Carbon dynamics in a model grassland with functionally different soil communities. *Functional Ecology*, v.21, p.690–697.
- BRASIL (2015): MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 17 de janeiro de 2015.
- Buhler, D. D., Maxwell, B. D. (1993) Seed separation and enumeration from soil using K₂CO₃ centrifugation and image analysis. *Weed Science*, v. 41, p. 298-302.
- Cai, D.W. (2008) Understand the role of chemical pesticides and prevent misuses of pesticides. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, v.1, n.6, p.36-38.
- Camargo, E.G. (1997) Desenvolvimento, implementação e teste de procedimentos geoestatísticos (krigagem) no sistema de processamento de informações georreferenciadas (Spring). Dissertação de Mestrado, Disponível na Internet: <http://www.dpi.inpe.br/teses/eduardo/>.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Turco, R. F., Konopka, A. E. (1994) Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soil. *Journal / Soil Science Society of America*, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511.
- Cardina, J., Hermes, C. P., Doohan, D. J. (2002) Crop rotation and tillage effects on weed seedbanks. *Weed Science*, v. 50, p. 448-460.
- Cardina, J., Johnson, G. A., Sparrow, D. H. (1997) The nature and consequence of weed spatial distribution. *Weed Science*, Champaign, v.45, n. 3, p. 364-373.

- Cardina, J., Sparrow, D. H. (1996) A comparison of methods to predict weed seeding populations from the soil seedbank. *Weed Science*, v. 44, p. 46-51.
- Carmona, R. (1992) Problemática e manejo de bancos de sementes de invasoras em solos agrícolas. *Planta Daninha*, v. 10, n. 1/2, p. 5 – 16.
- Carmona, R. (1995) Bancos de sementes e estabelecimento de plantas daninhas em alguns agroecossistemas. *Planta Daninha*, Brasília, v. 14, n. 1, p. 3-8.
- Carmona, R., Villas Bôas, H. D. C. (2001) Dinâmica de sementes de *Bidens pilosa* no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 3, p. 457-463.
- Chauvel, B. J., Gasquez, J., Darmency, H. (1989) Changes of weed seed bank parameters according to species, time and environment. *Weed Research*, Oxford, v. 29, n. 3, p. 213-219.
- Christensen, S., Heisel, T., Benlloch, J.V. (1999) Patch spraying and rational weed mapping in cereals. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE*, 4, 1998. Precision Agriculture: Proceedings. Madison: ASA; CSSA, SSSA, p. 773-785.
- Colbach, N., Forcella, F., Johnson, G. A. (2000) Spatial and temporal stability of weed population over five years. *Weed Science*, v.48, n.3, p.366-377, May/June.
- Coleman, D. C., Crossley, D. A. J. (1995) *Fundamentals of soil ecology*. San Diego: Academic, 205p.
- Concenço, G., Ceccon, G., Fonseca, I. C., Leite, L. F., Schwerz, F., Correia, I. V. T. (2012) Weeds infestation in corn intercropped with forages at different planting densities. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 721-728, Oct. 2012.
- Cressie, R. D. (1993) *Statistic for spatial data*. Ed. Rev. New York: John Wiley & Sons, 900p.
- Delfiner, P., Delhomme, J. P. (1975) Optimum interpolation by kriging. In *Display and Analysis of Spatial Data*, J. C. Davis and M. J. McCullagh, eds. John Wiley & Sons, London, pp. 96-114.
- Deuber, R. (1992) Botânica das plantas daninhas. In: DEUBER, R. *Ciência das Plantas Daninhas*. Jaboticabal: FUNEP, cap.2, p.31-73.
- Didonet, J. (2012) Banco de sementes e artropodofauna associada à soja resistente ao glifosato em função do manejo de plantas daninhas. 2012. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

- Eira, A. F. (2005) Influência da cobertura morta na biologia do solo. Anais do 1º Seminário sobre Cultivo Mínimo do Solo em Florestas. Botucatu – SP. Net. Disponível em: http://www.ipef.br/PUBLICACOES/seminario_cultivo_minimo/cap03.pdf.
- Favreto, R., Medeiros, R. B. (2004) Bancos de sementes do solo em áreas agrícolas: potencialidades de uso e desafios para o manejo. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.10, n.1-2, p. 79-89.
- Feldman, S. R., Alzugaray, C., Torres, P. S., Lewis, P. (1997) The effect of diferente tillage systems on the composition of the seedbank. *Weed Research*, Oxford, v. 37, n. 2, p. 71-76.
- Fenner, M. (1995) *Ecology of seed banks*. In: KIGEL, J.; GALILI, G (Ed.) Seed development and germination. New York: Marcel Dekker, p. 507-528.
- Ferreira, E. C. A. (2011) Variabilidade espacial do banco de sementes de plantas daninhas em função de sistemas de colheita de cana-de-açúcar em mato grosso do sul. 2011. 58 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana.
- Ferri, M. V., Eltz, F. L. F. (1998) Influência do glyphosate, isolado ou misturado com 2,4-d éster, sobre a mesofauna em semeadura direta de soja em campo nativo. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.4, n.2, p.131-138.
- Flury, M. (1996) Experimental evidence of transport of pesticides through field soils – a review. *Journal of Environmental Quality*, v.25, n.2, p.25-45.
- Gerhards, R., Wyse-Pester, D. Y., Mortensen, D. A. (1996) Spatial Stability of weed patches in agricultural fields, In: *THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE*, 3., Minneapolis, 1999. Proceedings, Wisconsin: ASA, CSSA, SSSA, p.495-504.
- Gianessi, P.L. (2013) The Increasing Importance of Herbicides in Worldwide Crop Production Pest Management Science, v.69, n.10, p.1099-1105.
- Giotto, E., Cardoso, C. D. V., Sebem, E. (2013) *Agricultura de Precisão com o Sistema CR Campeiro 7 – Volume I*. Santa Maria: UFSM – Laboratório de Geomática.
- Giracca, E. M. N., Antonioli, Z. I., Eltz, F. L. F., Benedetti, E., Lasta, E., Venturini, S. F., Venturini, E. F., Benedetti, T. (2003) Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do arroio lino, Agudo/RS. *R. bra. Agrociência*, v. 9, n. 3, p. 257-261, jul-set, 2003.

- Goel, P.K., Prasher, S. O., Landry, J. A., Patel, R. M., Bonnell, R. B., Viau, A. A., Miller, J. R. (2003) Potential of airborne hyper spectral remote sensing to detect nitrogen deficiency and weed infestation in corn. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.38, n.2, p.99-124.
- Gomes Jr., F. G., Christoffoleti, P. J. (2008) Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 789-798.
- Goovaerts, P. (1997) Geostatistics for natural resources evaluation. New York: Oxford University Press, 476 p.
- Goovaerts, P. (1998) Ordinary Cokriging Revisited. *Mathematical Geology*, New York, v. 30, p. 21-42.
- Greenslade, P., Vaughan, G.T. (2003) A comparison of Collembola species for toxicity testing of Australian soils. *Pedobiologia*, v.47, p.171-179.
- Grego, C. R., Vieira, S. R. (2005) Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 2, p. 169-177.
- Gross, K. L. (1990) A comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. *Journal of Ecology*, v. 78, p. 1079-1093.
- Grzegozewski, D. M. (2012) Influência local para modelos geoestatísticos utilizando a produtividade da soja e atributos químicos do solo. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, PR: UNIOESTE, 121 f.
- Harbuck, K. S. B. (2007) Weed seedbank dynamics and composition of northern greah plains cropping systems. Montana, EUA. 126 p. Tese (Mestrado). Land Resources and Environmental Sciences, Montana State University.
- Harper, J. L. (1977) *Population biology of plants*. Great Britain: Academic Press, 892 p. il.
- Heisel, T., Christensen, S., Walter, A.M. (1996) Weeds managing model for patch spraying in cereal. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE*, 3, Minneapolis, 1996. Precision Agriculture: Proceedings. Madison: ASA; CSSA, SSSA, p. 999-1005.
- Hendrix, P. F., Crossley Jr., D. A., Blair J. M., Coleman, D. C. (1990) Soil biota as components of sustainable agroecosystems. In: Sustainable agricultural systems, C.A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R.H. Miler and G. House (Eds.). SWCS, Ankeny, USA. pp. 637-654.

- Holm, G. L., Plucknett, L. D., Pancho, V. J. Herburger, P. J. (1991) The world's worst weeds. Malabar: Krieger Publishing Company, 609 p.
- Hopkin, S. P. (1997) *Biology of the Springtails (Insecta, Collembola)*. Oxford University Press, Oxford, p. 330.
- Huziwara, E. (2011) Efeito de herbicidas na flora e na fauna edáfica em solos sob cana-de-açúcar na região norte fluminense. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- IBGE. (2015) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/>. Acesso em: 19 de janeiro de 2015.
- Imai, N. N., Galo, M. L. B. T., Tachibana, V. M., Hasegawa, J. K., Matsuoka, C. T., Lima, D. L., Vicente, J., Sartori, L. R., Victorino, P. S. S. (2003). Análise Comparativa da Interpolação Por Krigagem Ordinária e krigagem por Indicação no Caso de Ervas Daninhas em Cultura de Soja. In Anais do IV Fórum de Ciências da FCT, Vol. CDRom, Presidente Prudente – SP.
- Isaaks, E. H., Srivastava, R. M. (1989) Applied geostatistics. New York: Oxford
- Johnson, G. A., Mortensen, D. A., Gotway, C. A. (1996) Spatial and temporal analysis of weed seedling populations using geostatistics. *Weed Science*, v.44, p.704-710.
- Johnson, R. G., Anderson, R. C. (1986) The seed bank of tall grass prairie in Illinois. *Am. Midland Natural.*, v. 115, n. 1, p. 123-130.
- Journel, A. G., Huijbregts, C. J. (1978) *Mining geostatistics*. London: Academic Press, 600p.
- Kang, S. Y., Choi, W. I., Ryoo, M. I. (2001). Demography of *Paronychiurus kimi* (Lee) population (Collembola: Onychiuridae) under the influence of glufosinate-ammonium on plaster charcoal substrate and artificial soil. *Appl. Soil Ecol.* 18, 39–45.
- Kladivko, E. J. (2001) Tillage Systems and soil ecology. *Soil & Tillage Research*, v.61, p.61-76.
- Konstantinovic, B., Meseldzija, M., Korac, M., Mandic, N. (2010) Weed seed bank under some field cultures. *Research Journal of Agricultural Science*, 42 (2).

- Lacerda, A. L. S. (2003) Fluxos de emergência e banco de sementes de plantas daninhas em sistemas de semeadura direta e convencional e curvas dose-resposta ao glyphosate. 2003. 141 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- Lacerda, A. L. S., Victoria Filho, R., Mendonça, C. G. (2005) Levantamento do banco de sementes em dois sistemas de manejo de solo irrigados por pivô central. *Planta Daninha*, v. 23, n. 1, p. 1-7.
- Lamparelli, R. A. C., Rocha, J. V., Borghi, E. (2001) Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária.
- Landim, P. M. B. (1998) Análise estatística de dados geológicos. UNESP, São Paulo, 253p.
- Landim, P.M.B. (2006) Sobre Geoestatística e mapas. *Terra Didática*, 2(1):19-33. <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>.
- Landim, P.M.B. (2014) GEOEAS: um exemplo de aplicação em análise geoestatística. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 11, 41 pp. 2003. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em 18/01/2014.
- Lavelle, P., Dangerfield, M., Fragoso, C., Eschenbrenner, V., Lopez-Hernandez, D., Pashanasi, B., Brusaard, L. (1994) The relationship of between soil macrofauna and tropical soil fertility. *In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Eds.). The biological management of tropical soil fertility.* New York: J. Wiley & Sons. p. 137-169.
- Legere, A., Stevenson, F. C., Benoit, D. L. (2011). The selective memory of weed seedbanks after 18 years of conservation tillage. *Weed Science*, v. 59, 98-106.
- Leopold, A. C., Glenist. R., Cohn, M. A. (1998) Relationship between water content and after ripening in red rice. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.74, n.4, p.659-662.
- Lima, H. V., Oliveira, T. S., Oliveira, M. M., Mendonça, E. S., Lima, P. J. B. F. (2007) Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido Cearense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1085-1098.
- Lopes Assad, M.L., Brossard, M., Dias, V.S., Chapuis, L., Lacerda, R.C.A. (1997), Atividade biológica em solos de Cerrados. *In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo – Informação de Solos na Globalização do Conhecimento Sobre o Uso da Terra*, 25., 1997, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1997. 25. CD-ROM.

- Lorenzi, H. (2000) *Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. 3ª ed. Plantarum, Nova Odessa, Brasil, 620 pp.
- Luschei, E. C., Buhler, D. D., Dekker, J. H. (1998) Effect of separating giant foxtail (*Setaria faberi*) seeds from soil using potassium carbonate and centrifugation on viability and germination. *Weed Science*, v. 46, p. 545-548.
- Machado, S. L. O., Avila, L. A., Marchesan, E., Storck, L., Reimche, G. B., Massoni, P. F. S., Kummer, H., Thomás, L. F. (2010) Diâmetro do trado e número de amostras para quantificação do banco de sementes de arroz-vermelho do solo. *Ciência Rural*, v. 40, n. 2, p. 459-461.
- Major, J., Pyott, W. T. (1966) Buried, viable seed in two California bunchgrass sites and their bearing on the definition of flora. *Vegetatio: Acta Geobotanica*, The Hague, v. 69, p. 253-282.
- Marañón, T., Bartolomeo, J. W. (1989) Seed and seedling populations in two contrasted communities: open grassland and oak (*Quercus agrifolia*) understory in California. *Acta Oecologica Plantarum*, Paris, v. 10, p. 147-158.
- Martins, C. C., Silva, W. R. (1994) Estudos de banco de sementes do solo. *Informativo Abrates*, v.4, n.1, p.49-56.
- Matheron, G. (1963) *Traite de geostatistique appliquee*: Paris: Technip, 1962-1963. V. 1 e 2
- McBratney, A. B., Webster, R. (1986) Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *European Journal of Soil Science*, Oxford, v. 37, p. 617-639.
- McGrow, J. B. (1987) Seed bank properties of an Appalachian Sphagnum bog and the model of the depth distribution of viable seeds. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 65, p. 2028-2035.
- McIvor, J. G., Howden, S. M. (2000) Dormancy and germination characteristics of herbaceous species in the seasonally dry tropics of northern Australia. *Austr. Ecol.*, v. 25, n. 3, p. 214-222.
- Medeiros, D. (2001) Efeito da palha de cana-de-açúcar sobre o manejo de plantas daninhas e dinâmica do banco de sementes. 2001. 125 f. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Medeiros, R. B., Steiner, J. J. (2002) Influência de sistemas de rotação de sementes de gramíneas forrageiras temperadas na composição do banco de sementes

- invasoras no solo. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 24, n. 1, p. 118-128.
- Melo, F. V., Brown, G. G., Constatino, R., Louzada, J. N. C., Luizão, F. J., Morais, J. W. de, Zanetti, R. (2009). Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. In: A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. Alvarez, V. H. V.; Cantaruti, R. B.; Novais, R. F. (Orgs.). Viçosa, MG, p. 38-43
- Minor, M. A., Cianciolo, J. M. (2007) Diversity of soil mites (Acari Oribatida, mesostigmata) along a gradient of LUTs in New York. *Applied Soil Ecology*. 35: 140-153.
- Monquero, P. A. (2003) Dinâmica populacional e mecanismos de tolerância de espécies de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. 99 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- Monquero, P. A., Christoffoleti, P. J. (2005) Banco de sementes de plantas daninhas e herbicidas como fator de seleção. *Bragantia*, Campinas, v.64, n.2 p. 203-209.
- Montanari, R. (2009) Aspectos da produtividade do feijoeiro correlacionados com atributos do solo sob sistemas de manejo de elevado nível tecnológico. 174 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- Montanari, R., Souza, G. S. A., Pereira, G. T., Marques Júnior, J., Siqueira, D. S., Siqueira, G. M. (2012) The used of scaled semivariograms to plan soil sampling in sugarcane fields. *Precision Agriculture*, v. 35, n. 1 p. 1234-1239.
- Moreira, F. M. S., Siqueira, J. O. (2002) Microbiologia e Bioquímica do Solo. Lavras: Ed. UFLA.
- Moreira, F. M. S., Siqueira, J. O. (2006) Microbiologia e bioquímica do solo. 2.ed. Lavras: UFLA, 729p.
- Mosumeci, M. R. (1992) Defensivos agrícolas e sua interação com a microbiota do solo. In: TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. Microbiologia do solo. Campinas: *Sociedade Brasileira de Solos*, p. 341-360.
- Mulugeta, D., Stoltenberg, D. E. (1997) Weed and seedbank management with integrated methods as influenced by tillage. *Weed Science*, v.45, n.5, p.706-715.
- Nordmeyer, H., Häusler, A., Niemann, P. (1997) Patchy weed control as na approach in precision farming. In: *PRECISION AGRICULTURE*, Warwick, 1997. Proceedings... Oxford: SCI, v.1, p.307-314.

- Nunes, L. A. P. L., Filho, J. A. A., Menezes, R. I. Q. (2009) Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semiárido nordestino. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 43-49.
- Nuspl, S. J., Rudolph, W. W., Guthland, R. (1996) Use of injection for Site-specific Chemical Application. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE*, 3., 1996, Minnesota. Anais... Madison: ASAE, p. 739-744.
- Ortiz, G. C. (2002) Aplicação de métodos geoestatístico para identificar a magnitude e a estrutura da variabilidade espacial de variáveis físicas do solo. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo.
- Parra, J. R. P., Panizzi, A. R., Haddad, M. L. (2009) Índices nutricionais para medir consumo e utilização de alimento por insetos. In: *Panizzi, A.R.; Parra, J.R.P. Bioecologia e nutrição de insetos – Base para o manejo integrado de pragas*. 1 ed. Brasília -DF: EMBRAPA/CNPq, p.21-78.
- Perrando, E. R. (2008) Caracterização física e biológica do solo após aplicação de herbicidas em plantios de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no rio grande do sul. 2008. 93f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Petersen, H., Luxton, M. (1982) A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. In: *PETERSEN, H. (ed). Quantitative ecology of microfungi and animals in soil and litter*. Oikos, 39(3):287-388.
- Pitelli, R. A., Durigan, J. C. (2003) Plantas daninhas no sistema de plantio direto de culturas anuais. In: *ENCONTRO SUL-MINEIRO SOBRE PLANTIO DIRETO*, 1., Lavras, MG. Anais... Lavras: 2003. CDROM.
- Ponge, J. F., Arpin, P., Sondag, F., Delecour, F. (1997) Soil fauna and site assessment in beech stands of the Belgian Ardennes. *Canadian Journal of Forest Research* 27, 2053–2064.
- Ponge, J. F., Bandyopadhyaya, I., Marchetti, V. (2002) Interaction between humus form and herbicide toxicity to Collembola (Hexapoda). *Applied Soil Ecology*, v.20, p.239-253.
- Procópio, S. O., Silva, A. A., Vargas, L. (2004) Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: *VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). Manual de manejo e controle de plantas daninhas*. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 397-452.

- Putwain, P. D., Gillham, D. A. (1990) The significance of the dormant viable seed banks in the restoration of heathlands. *Biological Conservation*, v.52, n.1, p.1-16.
- Reis, C. P. (2013) Simulação de fatores que afetam as predições obtidas por krigagem ordinária. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 57p.
- Renaud, A., Poinso-Balaguer, N., Cortet, J., Le Petit, J. (2004) Influence of four soil maintenance practices on Collembola communities in a Mediterranean vineyard. *Pedobiologia* v.48, p.623-630.
- Ribeiro Jr., P. J. (1995) Métodos geoestatísticos no estudo da variabilidade espacial dos parâmetros do solo. Piracicaba. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 99p.
- Righetto, A. J. (2013) Avaliação de modelos geoestatísticos multivariados. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 92p.
- Roberts, H. A. (1981) *Seed banks in the soil*. Advances in Applied Biology. Cambridge: Academic Press, v. 6, 55 p.
- Roberts, H. A., Nielson, J. E. (1981) Changes in the soil seed bank of four long term crop herbicide experiments. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, v.18, p.661-668.
- Roberts, H. A., Nielson, J. E. (1982) Seed bank of soils under vegetable cropping in England. *Weed Research*, London, v. 22, n. 1, p. 13-16.
- Rodrigues, B. N., Almeida, F. R. (2011) *Guia de herbicidas*. 6 ed. Londrina: Edição dos Autores, 2011. 696 p.
- Sáfadi, R. S. (1995) Importância da análise de resíduos de pesticidas em estudos ecotoxicológicos. *Pesticidas: Revista Técnica Científica*, v. 5, p. 111-118.
- Salviano, A. A. C. (1996) Variabilidade de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* em solo degradado do município de Piracicaba-SP. Tese (Doutorado em Ciências Exatas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 91p.
- Santos, I. C., Silva, A. A., Ferreira, F. A., Miranda, G. V., Pinheiro, R. A. N. (2001) Eficiência de glyphosate no controle de *Commelina benghalensis* e *Commelina diffusa*. *Planta Daninha*, v. 19, n.1, p. 135-143.
- Sayer, E. J., Sutcliffe, Laura M. E., Ross, R. I. C., Tanner, E. V. J. (2010) Arthropod Abundance and Diversity in a Lowland Tropical Forest Floor in Panama: The Role of Habitat Space vs. Nutrient Concentrations. *Biotropica*, v.42, n.2, p.194–200.

- Severino, F. J., Carvalho, S. J. P., Christoffoleti, P. J. (2006) Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. II – Implicações sobre as espécies forrageiras. *Planta Daninha*, v.24, p.45-52.
- Shannon, C. E., Weaver, W. (1949) *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press, 117 p.
- Shiratsuchi, L. S. (2003) Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. Documentos Embrapa 95, 30 p.
- Shiratsuchi, L. S., Christffoleti, P. J., Fontes, J. R. A. (2003) Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas. Planaltina, Embrapa Cerrados. 29p. (Documentos, 95).
- Shiratsuchi, L. S., Fontes, J. R. A., Resende, A. V. (2005) Correlação da distribuição espacial do banco de sementes de plantas daninhas com a fertilidade dos solos. *Planta Daninha*, Londrina, v. 23, n. 3, p. 429-436.
- Shiratsuchi, L. S., Nicolai, M., Cortucci, M., Suguisawa, J. M., Christoffoleti, P. J. (2002) Aplicação localizada de herbicida em soja utilizando mapas de banco de sementes e ferramentas da agricultura de precisão, II Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente pp. 1-5.
- Silva, A. P. (1988) Variabilidade espacial de atributos físicos do solo. Piracicaba, 1988, 105p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz/USP).
- Silva, J., Jucksch, I., Maia, C. I., Feres, A., Tavares, R. C. (2012a) Fauna do solo em sistemas de manejo com café. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, Gurupi, v. 3, n. 2, p. 59-71, May 2012.
- Silva, L. N., Amaral, A. A. (2013) Amostragem da mesofauna e macrofauna de solo com armadilha de queda. *Revista Verde* (Mossoró – RN - BRASIL), v. 8, n. 5, p. 108 - 115, (Edição Especial) dezembro, 2013.
- Silva, R. F., Scheid, D. L., Corassa, G. M., Bertollo, G. M., Kuss, C. C., Lamego, F. P. (2012b) Influência da aplicação de herbicidas pré-emergentes na fauna do solo em sistema convencional de plantio de cana-de-açúcar. *Revista Biotemas*, 25 (3), 227-238, setembro de 2012.
- Simpson, R. L., Leck, M. A., Parker, V. T. (1989) Seed Banks: General concepts and methodological issues. In: LECK, M. A.; PARKER, V. P.; SIMPSON, R. L. Ecology of soil seed banks. New York: Academic Press, p. 69 – 86.

- SINDAG (2015) - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola. Disponível em <http://www.sindag.com.br/>. Acesso em: 13 de Janeiro de 2015.
- Soares, A. (2006) *Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente*. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 214 p.
- Sodré Filho, J., Carmona, R., Cardoso, A. N., Carvalho, A. M. (2008) Culturas de sucessão ao milho na dinâmica populacional de plantas daninhas. *Scientia Agraria*, v.9, p.7-14.
- Sosnoskie, L. M., Herms, C. P., Cardina, J. (2006) Weed seedbank community composition in a 35-yr-old tillage and rotation experiment. *Weed Science*, v. 54, p. 263-273.
- Souza, L. S. (1992) Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo. Porto Alegre, 162p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Stähelin, D., Verissimo, M. A. A., Morais, P. P. P., Coan, M. M. D., Coimbra, J. L. M., Guidolin, A. F. (2009) Distribuição espacial do banco de sementes de plantas daninhas em área de monocultura de feijão, *Biotemas*, Florianópolis, v. 22, n. 4, p. 15-24.
- Swanton, C., Murphy, S. D. (1996) Weed science beyond the weeds: the role of integrated weed management (IWM) in agroecosystem health. *Weed Science*, v.44, p.437-445.
- Tangerino, G. T. (2009) Sistemas de sensoriamento embarcado para uso em controle de aplicações de insumos agrícolas à taxa variável. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo.
- Terra, V. S. S. (2012) Variabilidade espacial e temporal de atributos agronômicos em pomar de pessegueiro. Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 103f.
- Thompson, K., Grime, J. P. (1979) Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, London, v. 67, p. 893-921.
- Tuesca, D., Nieseohn, L., Boccanelli, S., Torres, P., Lewis, J. P. (2004) Weed seedbanks and vegetation dynamics in summer crops under two contrasting tillage regimes. *Community Ecology*, v. 5, p. 247-255.
- Vargas, M. A. T., Hungria, M. (1997) *Biologia dos Solos dos Cerrados*. Brasília – DF: EMBRAPA. 524p.

- Vencill, W. K., Banks, P. A. (1994) Effects of tillage systems and weed management on weed populations in grain sorghum (*Sorghum bicolor*). *Weed Science*, v.42, n.4, p.541-547.
- Vendrusculo, L. G. (2003) Uso de índices de desempenho e do critério de Akaike para ajuste de modelos de semivariograma. Campinas: EMBRAPA, 5 p. (Comunicado Técnico, 58).
- Vieira, S. R. (2000) Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NaVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 1-54.
- Vieira, S. R., Xavier, M. A., Grego, C. R. (2008) Aplicações de geoestatística em pesquisas com cana-de-açúcar. p.839-852. In *DINARDO-MIRANDA, L.L., A.C.M. VASCONCELLOS e M.G.A. LANDELL (Eds)*. Cana de açúcar. 1 ed. Ribeirão Preto: Instituto Agrônômico, v.1.
- Vivian, R., Silva, A. A., Gimenes, Jr., M., Fagan, E. B., Ruiz, S. T., Labonia, V. (2008) Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência: breve revisão. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. 02, p. 695-706.
- Voll, E., Adegas, F. S., Gazziero, D. L. P. (2010) Importância dos estudos de banco de sementes na ciência das plantas daninhas. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas - Ribeirão Preto – SP. Anais... Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 693-697.
- Voll, E., Gazziero, D. L. P., Brighenti, A. M., Adegas, F. S., Gaudêncio, C. A., Vool, C. E. (2005) Dinâmica das plantas daninhas e práticas de manejo. Embrapa Soja, Londrina, PR, p.19-21.
- Voll, E., Karam, D., Gazziero, D. L. P. (1997) Dinâmica de populações de trapoeraba (*Comelina benghalensis* L.) sob manejos de solo e de herbicidas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 32, n. 6, p. 571-578.
- Voll, E., Torres, E., Brighenti, A. M., Gazziero, D. L. P. (2001) Dinâmica de um banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes manejos do solo. *Planta Daninha*, v. 19, n. 2, p. 171-178.
- Wardle, D. (1995) Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. *Advances Ecological Research*. New York, v. 26, p. 105-182

- Warrick, A. W., Nielsen, D. R. (1980) Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). *Applications of soil physics*. New York: Academic Press, p. 319-344.
- Webster, R., Oliver, M. A. (2000) *Geostatistics for environmental scientists*. Chichester. Wiley, 271p.
- Wilson, E. O. (1987) The Little Things that Run the World: The Importance and Conservation of invertebrates. *Conservation Biology*, 1: 344-346.
- Yang, P., Chen, C., Wang, Z., Fan, B., Chen, Z. (1999) A pathogen- and salicylic acid-induced WRKY DNA-binding activity recognizes the elicitor response element to the tobacco class I chitinase gene promoter. *The Plant Journal*;18:141-149.
- Yenish, J. P., Doll, J. D., Buhler, D. D. (1992) Effect of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in soil. *Weed Science*, Lawrence, v. 40, n. 3, p. 429-433.
- Zelaya, I. A., Oven, M. D. K., Pitty, A. (1997) Effect of tillage and environment on weed population dynamics in the dry tropics. *Ceiba*, v. 38, n. 2, p. 123-135.