



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE
DE ECOSISTEMAS, CURSO DE MESTRADO.

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DE QUALIDADE
DO SOLO EM SISTEMAS PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL
NO RECÔNCAVO DA BAHIA.**

TAÍZA NOGUEIRA BARROS

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
AGOSTO - 2015

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DE QUALIDADE DO
SOLO EM SISTEMAS PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL NO
RECÔNCAVO DA BAHIA.**

TAÍZA NOGUEIRA BARROS

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal Rural de Pernambuco/
Unidade Acadêmica de Serra Talhada
Serra Talhada – Pernambuco - Brasil, 2012.

Dissertação submetida ao Colegiado de
Curso do Programa de Pós-Graduação em
Solos e Qualidade de Ecossistemas da
Universidade Federal do Recôncavo da
Bahia, como requisito parcial para obtenção
do Grau de Mestre em Solos e Qualidade
de Ecossistemas.

ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ FERNANDES MELO FILHO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2015

FICHA
CATALOGRÁFICA

A large, empty rectangular box with a thin black border, occupying the central portion of the page. It is intended for the user to enter information for a catalog card.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

COMISSÃO EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DA
ALUNA

TAÍZA NOGUEIRA BARROS

Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho

Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas - UFRB

(Orientador)

Prof. Dr. Luciano da Silva Souza

Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – UFRB

Dr. Marcos Roberto da Silva

Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – UFRB

Dissertação homologada pelo colegiado do curso de Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas em, conferindo o Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas em

Aos meus pais Marlene e Lourinaldo pelo apoio, confiança e amor que sempre me dedicaram. Aos meus irmãos, minha família e amigos pelo carinho, companheirismo e amizade compartilhada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Nem só de coisas concretas se escreveu o período durante o curso de Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas passado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, nem se explica o que se aprendeu com tamanha experiência. A caminhada feita desde março/2013 até agosto/2015 foi, sem dúvida, a experiência mais enriquecedora que alguma vez tive no âmbito da formação profissional, não desprezando, contudo, todo o trabalho desenvolvido anteriormente.

De forma geral, pode-se referir que tudo o que foi feito desde a minha entrada para o curso de Mestrado foi ponto essencial para o meu crescimento profissional e principalmente pessoal. Foi uma soma de trabalho e dedicação, de objetivos e oportunidades que fui sabendo agarrar.

Deixo o meu maior agradecimento a Deus, pela vida e pelas oportunidades que apareceram em meu caminho, pois nada cai do céu, temos que lutar com todas nossas forças mesmo que sejam com lágrimas, pois temos um Pai querido que na hora certa nos dá presentes.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, pela oportunidade de realização do curso. Aos colegas da turma 2013.1, aos amigos que tive o prazer de conhecer enquanto estudante desta instituição e que os levarei no meu coração, guardando as inúmeras recordações dos momentos juntos. São amizades preciosas e que jamais quero perdê-las, em especial meus amigos: Devison, Victor, Ricardo, Ronaldo, Paula, Aglair, Rogério, Flavinha, Lilian, Samir, Dryele, Capela, Paty, Wilma, Raquel, Terezinha, Elielson, Taty, Ivo, enfim todos que sempre torceram por mim, muito obrigada mesmo, principalmente pelos materiais emprestados e pela disponibilidade para ajudar sempre que precisei. Aos meus professores que contribuíram para minha formação no curso, que além de mestres, alguns foram amigos e conselheiros; em especial ao meu Prof. Dr. Luciano Souza muito obrigada por toda disponibilidade, motivação, interesse, atenção e paciência que teve para ajudar sempre que precisei.

Ao meu queridíssimo orientador Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho pela orientação, ajuda prestada e interesse nesta relevante dissertação.

Um agradecimento especial ao Prof. Dr. Marcos Roberto da Silva pela disponibilidade da área para realização deste trabalho e Sr. Val pela importantíssima ajuda nos trabalhos realizados no laboratório. Não poderia esquecer da grande contribuição prestada pelo meu amigo Devison, desde o início sempre contribuindo com sua inteligência e experiência, muito obrigada!

E por fim um agradecimento mais que especial aos meus pais, Lourinaldo Alves de Barros e Marlene Maria Nogueira Barros pela inicial relutância, apoio e incentivo que me foram instigando a lutar pelo sonho de sempre, quero poder lhes dar orgulho e retribuir toda a dedicação que tiveram por mim. Aos meus irmãos Tailene Nogueira Barros e Jonas Nogueira Barros por estarem ao meu lado sempre que precisei. Aos meus tios Pedro Alves de Barros, Valdete Alves de Barros, Otacílio Aluísio de Barros, Vera Lúcia Anjos Barros, Maria Ilma Alves de Barros, Marina Alves de Barros e meu primo Rodrigo Nogueira que tiveram grande importância para que hoje conquistasse essa vitória.

Se não fossem algumas barreiras e contrariedades, penso que não era tão saborosa esta satisfação de chegar até aqui.

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO..... 01

Capítulo 1

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS EM LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO SOB SISTEMAS PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL NO RECÔNCAVO DA BAHIA..... 05

Capítulo 2

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO SOB SISTEMAS PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL NO RECÔNCAVO DA BAHIA..... 41

CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 78

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL NO RECÔNCAVO DA BAHIA.

Autora: Taíza Nogueira Barros

Orientador: José Fernandes Melo Filho

RESUMO: A caracterização da variabilidade espacial dos atributos do solo é necessária para que se possa interpretar as possíveis causas de variações nas produtividades das culturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar a variabilidade espacial dos atributos de qualidade do solo sob sistemas plantio direto e plantio convencional no Recôncavo da Bahia. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas na profundidade de 0-15 cm retiradas em sistema de grid com interseção de 50 pontos espaçados em intervalos regulares de 2m, nos quais foram avaliados atributos físicos e químicos, as análises estatísticas utilizadas foram a estatística descritiva e a geoestatística. A densidade do solo e a matéria orgânica apresentaram efeito pepita puro nos dois sistemas de manejo, a resistência à penetração, a condutividade hidráulica do solo saturado e a acidez ativa do solo apresentaram dependência espacial no sistema plantio convencional e a $CTC_{efetiva}$ apresentou dependência espacial em ambos sistemas de plantio estudados.

Termos de indexação: manejo do solo, geoestatística, dependência espacial.

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL QUALITY ATTRIBUTES IN NO-TILLAGE AND CONVENTIONAL TILLAGE FROM BAHIA RECONCAVO.

Author: Taíza Nogueira Barros

Adviser: José Fernandes Melo Filho

ABSTRACT: Spatial characterization of the variability of soil properties is an important element of site specific crop management. This study aims to evaluate and compare the spatial variability of soil physicochemical properties under no-tillage and conventional tillage in the Bahia Reconcavo. Soil samples were collected at a depth of 0.0-0.15m through grid system with 50 intersection points spaced at regular intervals of 2.0m. Both disturbed (chemical characteristics) and undisturbed samples (physical characteristics) were analysed by descriptive statistics and geostatistics. In the two management systems, soil density and organic matter showed pure nugget effect. Penetration resistance, saturated hydraulic conductivities, active acidity in the soil presented spatial dependence in conventional tillage, but $CTC_{\text{effective}}$ presented spatial dependence in both cropping systems.

Index terms: geostatistics, soil management, spatial dependence.

INTRODUÇÃO

Os solos dos Tabuleiros Costeiros estão distribuídos desde o Estado do Amapá até o Estado do Rio de Janeiro, ocupando quase toda faixa costeira do Brasil. Os principais solos encontrados nesse ambiente são os Latossolos e Argissolos Amarelos coesos, que possuem grande importância para a região Nordeste, pois estão situados na faixa úmida costeira, perto dos grandes centros urbanos regionais, são profundos e distribuídos em áreas relativamente planas, que favorecem a mecanização agrícola (JACOMINE, 1996; RIBEIRO, 1998). Segundo Ribeiro (1998), possivelmente, as características desses solos são condicionadas pelo material de origem e relevo, visto que os mesmos apresentam características semelhantes mesmo estando distribuídos em diferentes ambientes, desde o semiárido até a zona úmida litorânea.

Os fatores e processos de formação conferem variabilidade natural aos solos, porém, os solos coesos dos Tabuleiros Costeiros parecem apresentar menor variabilidade, mesmo estando em ambientes distintos, devido à grande influência do material de origem na sua pedogênese. Por outro lado, a ação antrópica também condiciona e altera as características dos solos, exercendo grande influência na variabilidade espacial dos solos (SOUZA; COGO; VIEIRA, 1998; CAVALCANTE et al., 2007; SCHAFFRATH et al., 2008), a exemplo do efeito da intensa movimentação decorrente das práticas de preparo mecânico, que degradam a estrutura e favorecem a ocorrência de erosão, contribuindo para perdas de quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo, redução da produtividade e aumento da variabilidade (SOUZA; RESENDE, 2006).

Dentre os sistemas de manejo o que resulta em maior mobilização do solo é o convencional, caracterizado pelo uso de equipamentos de tração mecânica para a aração e a gradagem, visando à supressão de plantas

espontâneas, incorporação de corretivos e fertilizantes, aumento do espaço poroso e da permeabilidade, facilitando o crescimento radicular das plantas cultivadas (BRAUNAK; DEXTER, 1989; GADANHA JÚNIOR et al., 1991). Como resultado de suas características o sistema convencional tende a homogeneizar as características do solo, reduzindo sua variabilidade espacial, como foi constatado por Souza; Cogo; Vieira (1998) para atributos químicos e por Schaffrath et al. (2008) para atributos físicos.

No entanto, apesar do efeito de redução da variabilidade espacial, diversos estudos mostraram os impactos negativos do preparo convencional sobre os atributos do solo. Silva; Mielniczuk (1998) verificaram redução do diâmetro médio ponderado dos agregados de dois solos quando foram convertidos de campo nativo a cultivo com plantas anuais sob sistema convencional. Costa et al. (2003) verificaram aumento da densidade do solo e da resistência à penetração e diminuição da estabilidade de agregados do solo sob sistema convencional em comparação à mata nativa.

Outro sistema de manejo, o plantio direto, tende a resultar em manutenção ou confirmação da heterogeneidade natural do solo, visto que não ocorre revolvimento e mistura de material e a aplicação de corretivos e fertilizantes é concentrada nas linhas de plantio e na superfície do solo. Diversos fatores afetam a produtividade de uma cultura, sendo a variabilidade espacial dos atributos de qualidade do solo uma das principais (GUEDES FILHO, 2009), sendo por isso, seu estudo e compreensão, uma importante ferramenta de gestão para seleção das estratégias de aplicação de corretivos e fertilizantes, amostragem, planejamento e delineamento de ações de investigação científica (BHATTI; MULLA; FRASIER, 1991; VIEIRA, 2000).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar a variabilidade espacial dos atributos de qualidade do solo sob sistemas plantio direto e plantio convencional no Recôncavo da Bahia. O estudo está estruturado em dois capítulos. No primeiro realizou-se a avaliação da variabilidade espacial de atributos de qualidade física e no segundo de atributos de qualidade química, em ambos os casos para um LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso no Recôncavo da Bahia, onde o sistema de plantio

direto tem sido objeto recente de consistente investigação de aplicabilidade como alternativa de manejo do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRATTI, A. U.; MULLA, D. J.; FRASIER, B. E. Estimation of soil properties and wheat yields on complex eroded hills using geostatistics and thematic mapper images. **Remote Sensing of Environment**, v. 37, n. 1, p.181-191, 1991.

BRAUNACK, M. V.; DEXTER, A. R. Soil aggregation in the seedbed: a review. I. Properties of aggregates and beds of aggregates. **Soil & Tillage Research**, v. 14, n. 3, p.259-279, 1989.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p.1329-1339, 2007.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p.527-535, 2003.

GADANHA JUNIOR, C. D. MOLIN, J. P.; COELHO, L. J. D.; YAHN, C. H.; TOMIMORI, S. M. A. W. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**. São Paulo: Núcleo Setorial de Informações em Máquinas Agrícola, Fundação de Ciências e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1991. 449p.

GUEDES FILHO, O. Variabilidade espacial e temporal de mapas de colheita e atributos do solo em um sistema de semeadura direta. 2009. 97f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Instituto Agrônomo - IAC, Campinas, 2009.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS, Cruz das Almas, 1996. Pesquisa e desenvolvimento para os Tabuleiros Costeiros; anais. Aracaju: EMBRAPA, CPATC; EMBRAPA, CNPMF; EAUFBA; IGUFBA, 1996. p.13-24.

RIBEIRO, L. P. Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação. Salvador: Seplantec, CADCT, 1998. 99p.

SCHAFFRATH, V. R.; ANTÔNIO, C. T.; FIDALSKI, J.; GONÇALVES, A. C. A. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p.1369-1377, 2008.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade e agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22; n. 2, p.311-317, 1998.

SOUZA, J. L. de; REZENDE, P. L. **Manual de horticultura orgânica**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 843p.

SOUZA, L. da S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p.77-86, 1998.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, G. R., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-54.

CAPÍTULO 1

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS EM LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO SOB SISTEMAS PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL NO RECÔNCAVO DA BAHIA ¹

¹ Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Ciência do Solo

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS EM LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO SOB SISTEMAS PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL NO RECÔNCAVO DA BAHIA

RESUMO: A geoestatística permite ter conhecimento da variabilidade dos atributos do solo e estimar valores para áreas não amostradas servindo de subsídio para a determinação de estratégias específicas de manejo para o solo. Portanto, objetivou-se com este trabalho comparar a variabilidade espacial de atributos físicos do solo em um LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso sob cultivo de mandioca em sistema plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia. O trabalho foi realizado em campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizado no município de Cruz das Almas – BA. Foram coletadas amostras indeformadas na profundidade de 0-15 cm retiradas em sistema de grid com interseção de 50 pontos espaçados em intervalos regulares de 2m avaliando os atributos: densidade do solo, resistência à penetração e condutividade hidráulica do solo saturado. Os atributos físicos do solo foram avaliados por meio da estatística descritiva e de técnicas geoestatísticas. A Densidade do solo apresentou efeito pepita puro nos dois sistemas de manejo e a resistência à penetração e a condutividade hidráulica do solo saturado apresentaram dependência espacial apenas no sistema plantio convencional.

Termos de indexação: manejo do solo, geoestatística, dependência espacial

**SPATIAL VARIABILITY IN PHYSICAL ATTRIBUTES OXISOL COHESION
UNDER PLANTING SYSTEMS AND DIRECT THE CONVENTIONAL
RECÔNCAVO OF BAHIA**

ABSTRACT: Geostatistical technique were applied to evaluate and to model the spatial variability of soil properties by estimating values for areas without samples to determine specific baseline on soil management strategies. Therefore, this study aimed to compare spatial variability of soil physical properties in dystrophic cohesive yellow latosol under no-tillage and conventional system of manioc crop in Bahian Reconcavo. The study was carried out at the experimental field of Reconcavo Baiano University, located in Cruz das Almas. Undisturbed samples were collected at a depth of 0-15 cm through grid system with 50 intersection points spaced at regular intervals of 2m. Samples were evaluated for the determination of soil bulk density, penetration resistance and saturated hydraulic conductivities. Physical properties of the soil were analysed by descriptive statistics and geostatistics. Soil density showed pure nugget effect in both management systems, but penetration resistance and saturated hydraulic conductivities showed spatial dependence in the conventional tillage system.

Index terms: Soil management, geostatistics, spatial dependence.

1. INTRODUÇÃO

A dependência espacial é uma das principais características naturais dos atributos de qualidade do solo, cuja caracterização possibilita aperfeiçoar o controle dos fatores que atuam na produção das culturas agrícola e no funcionamento do solo. Da mesma forma contribui para melhorar os sistemas de amostragem de solo e eficiência dos sistemas de manejo. Por conta desta realidade diversos estudos, utilizando a técnica da geoestatística, foram desenvolvidos com o objetivo de avaliar a variabilidade dos atributos de qualidade e suas relações com a produtividade das culturas e sistemas de manejo, alguns específicos para atributos físicos, cujos resultados permitem inferir que os mesmos variam, quanto à sua magnitude e intensidade, entre locais e ambientes, cuja dependência espacial, depende também do material de origem, do relevo, da classe de solo, do sistema de manejo utilizado e das práticas agrícolas adotadas, conforme bem verificaram (TRANGMAR et al., 1985; VIEIRA, 2000; CARVALHO et al., 2002; VIEIRA et al., 2002; CORÁ, et al. 2004; GREGO E VIEIRA, 2005; BARBIERI et al., 2008; OLIVEIRA et al, 2013; AQUINO et al., 2015).

O Recôncavo da Bahia é uma região fisiográfica inserida no ambiente dos Tabuleiros Costeiros do Brasil, caracterizada por planícies litorâneas com elevação média de 200 metros acima do nível do mar, onde predominam Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos, distróficos ou álicos, coesos e de textura média, caracterizando-se pela baixa capacidade de retenção de água, baixos teores de argila e matéria orgânica, sendo a coesão, que ocorre nos horizontes AB e BA do solo, uma das principais características de limitação ao uso destes solos (JACOMINE, 1996; CARVALHO et al., 2002). Dentre as principais culturas agrícolas de ciclo anual, a mandioca assume grande importância no Recôncavo, onde normalmente é cultivada para uso na fabricação de farinha e derivados, utilizando-se sistema de manejo convencional, baseado no uso de equipamentos mecânicos, arado e grade, para o preparo primário e secundário do solo, realizando-se o cultivo mecânico manual com enxada. Como resultado os solos de cultivo desenvolvem compactação superficial, ficam permanentemente expostos à ação erosiva das chuvas e dos raios solares e as culturas sujeitas a ciclos de estresse hídrico

durante seu desenvolvimento (SOUZA, 1996; REZENDE, 2000; MELO FILHO et al., 2007). Em virtude destas consequências o sistema de plantio direto tem sido experimentado como alternativa de manejo do solo para o cultivo de mandioca no Recôncavo da Bahia, justificando-se, desta forma, a realização de estudos que possam contribuir para melhorar o efeito deste sistema tanto nos atributos do solo quanto na produção da cultura da mandioca.

O presente trabalho tem como objetivo comparar a variabilidade espacial de atributos físicos do solo em um LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso sob cultivo de mandioca em sistema plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizado no município de Cruz das Almas – BA, onde o clima local caracteriza-se por ser tropical quente e úmido com estação seca no verão, do tipo As segundo a classificação de Köppen. A pluviosidade média anual da região é de 1.224 mm, com a temperatura média anual de 22,45 °C e a umidade relativa do ar de 80 % (ALMEIDA, 1999). O solo da área foi classificado como um LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso (SANTOS, 2013) cuja composição textural encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação textural do LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso.

SISTEMA DE MANEJO	AREIA	SILTE	ARGILA	CLASSE TEXTURAL
	_____ % _____			
PLANTIO DIRETO	78	7	15	FRANCO ARENOSO
PLANTIO CONVENCIONAL	77	7	16	FRANCO ARENOSO

As amostras foram coletadas em dois sistemas de manejo: 1. Sistema direto e 2. Sistema convencional. A área utilizada sob sistema direto está manejada há cinco anos. Antes de se utilizar o sistema plantio direto à área era ocupada por pastagem de braquiária degradada. Na mudança de manejo da área foi adotado: no primeiro ano o preparo do solo foi convencional com

aração e gradagem cultivando-se a *Crotalaria juncea* L., no final do ciclo o material foi roçado e deixado sobre o solo em pousio; no segundo ano foi realizada a roçagem da vegetação espontânea para o plantio de girassol e no final do ciclo foi realizada a colheita dos aquênios e os restos da palhada permaneceram sobre o solo novamente em pousio; no terceiro ano foi roçado o resto da palhada junto com a vegetação espontânea e implantou-se a *Crotalaria juncea* L., a qual foi dessecada para se plantar o girassol, o qual foi colhido e os restos culturais decompostos sobre o solo; no quarto ano utilizou-se o consórcio de feijão de porco (*Canavalia ensiformes* L.) com milheto (*Pennisetum americanum* L.) que foi dessecado para o plantio de girassol (*Helianthus annuus* L.); no quinto ano retirou-se o girassol (*Helianthus annuus* L.) e implantou-se o milheto (*Pennisetum americanum* L.) mais sorgo (*Sorghum bicolor* L.) (ARAGÃO, 2015).

No sistema convencional com aproximadamente seis anos de uso com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) realiza-se o preparo do solo com uma aração na profundidade de 0,4 metros e uma gradagem para nivelamento da área e posteriormente o plantio da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.). Os tratos culturais são realizados com a enxada e a colheita é manual, para na sequência novo ciclo de preparo, plantio, tratos culturais e colheita.

O esquema de amostragem utilizado foi um “grid” (Figura 1) formado pela interseção de 50 pontos, espaçados em intervalos regulares de 2 metros, nos quais se retiraram amostras indeformadas na profundidade de 0-15 cm com cilindros volumétricos de 102,10 cm³.



Figura 1. Distribuição espacial dos pontos de amostragem nos sistemas de plantio direto (a) e plantio convencional (b) para avaliação dos atributos físicos do solo.

Em cada ponto foram coletadas três amostras indeformadas, utilizadas para avaliar os seguintes atributos: densidade do solo, resistência à penetração e condutividade hidráulica do solo saturado.

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, conforme metodologia de DONAGEMA (2011).

Para a determinação da resistência mecânica do solo à penetração as amostras foram colocadas em câmara de Richards e submetidas a um potencial de 100kPa para a padronização do conteúdo de água, sendo, após esse procedimento, submetidas ao penetrômetro eletrônico de bancada modelo MA 933. Os valores obtidos em kgf cm^{-2} foram multiplicados pela constante 0,098 para transformação em MPa (BEUTLER et al., 2001, SILVA & GIAROLA, 2001). A condutividade hidráulica do solo saturado foi determinada em laboratório pelo método do permeâmetro de carga decrescente (LIBARDI, 2005) e classificada segundo a Soil Survey Staff (1993), sendo rápida quando $>25,4 \text{ cm h}^{-1}$, moderada a rápida entre 25,4 à $12,7 \text{ cm h}^{-1}$, moderada entre 12,7 à $6,35 \text{ cm h}^{-1}$, lenta a moderada entre 6,35 à 2 cm h^{-1} , lenta entre 2 à $0,5 \text{ cm h}^{-1}$ e muito lenta $<0,5 \text{ cm h}^{-1}$.

O conjunto de resultados obtidos foi estatisticamente analisado em duas etapas. Na primeira realizou-se a estatística exploratória descritiva e teste de Shapiro & Wilk a 5% para verificação da normalidade. Nesta etapa realizou-se também a verificação da presença de valores extremos conforme proposição de Libardi et al. (1986) e também foi quantificado o número de amostras que devem ser obtidas para representar o valor médio de uma propriedade ou característica do solo através da metodologia de Santos & Vasconcelos (1987). Na segunda etapa verificou-se o grau de dependência espacial, seguindo-se a proposta de Cambardella et al. (1994), que permite quantificar a proporção do componente aleatório ou efeito pepita (C_0) na variância total ou patamar (C_0+C_1). De acordo com a proposta do autor o GD pode ser utilizado para classificar a dependência espacial em $GD < 25\%$ - forte dependência espacial; GD entre 25% e 75% - moderada dependência espacial e $GD > 75\%$ - fraca dependência espacial. Os semivariogramas foram estimados segundo Vieira (2000), cujos modelos foram selecionados com base na menor soma de quadrados de resíduos (RSS). Os mapas de estimativa por krigagem e os semivariogramas foram elaborados no programa GS+ (Robertson, 1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Densidade do solo (D_s)

Na Tabela 2 encontram-se os dados da análise descritiva da densidade do solo em sistema plantio direto e convencional.

Tabela 2. Estatística descritiva da densidade do solo em sistema plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia.

	VALORES ORIGINAIS		SEM VALORES EXTREMOS
	PD	PC	PC
OBSERVAÇÕES	50	50	47

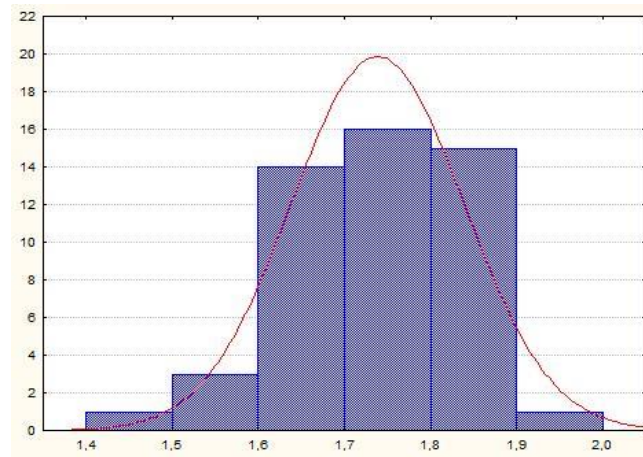
MEDIA (g cm⁻³)	1,74	1,68	1,69
MEDIANA (g cm⁻³)	1,74	1,70	1,70
CV (%)	5,78	5,77	4,67
ASSIMETRIA	-0,38	-0,66	-0,62
CURTOSE	-0,38	0,97	0,25
1º QUARTIL	1,66	1,65	1,65
3º QUARTIL	1,82	1,75	1,75
MAX	1,90	1,91	1,85
MIN	1,47	1,40	1,49
TESTE P<W	0,249	0,071	0,36
VALORES EXTREMOS	0	3	-

PD = plantio direto; PC= plantio convencional; P < W = resultados do teste de normalidade de Shapiro & Wilk (5%)

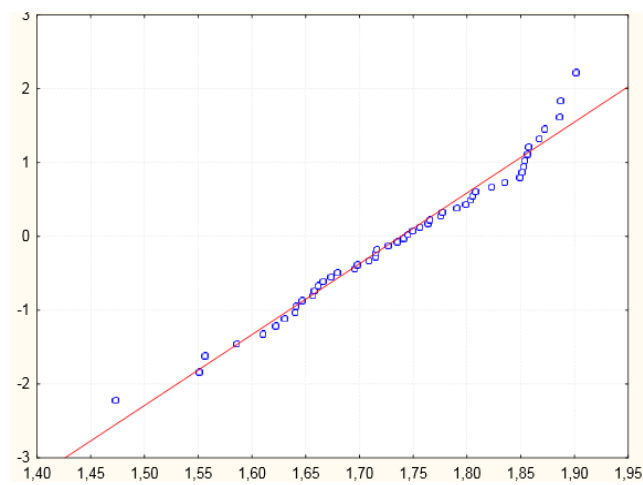
Observa-se que a densidade do solo (Ds) apresentou, nos dois sistemas de manejo, valores próximos de média e mediana (Tabela 2), assimetria negativa -no plantio direto (0,38) e no plantio convencional (-0,66) e a curtose de -0,38 no plantio direto e 0,97 no plantio convencional, indicando que a distribuição foi aproximadamente simétrica e normal, o que pode ser confirmado pela reta de Henry, blox-plot (Figuras 2 e 3) e teste Shapiro Wilk (W) (Tabela 2). Os valores dos coeficientes de variação foram muito próximos nos dois sistemas de manejo 5,78% e 5,77% sendo classificados como baixos (Warrick & Nielsen, 1980).

Para este atributo identificou-se a presença de valores extremos apenas no plantio convencional, cuja remoção resultou em importantes mudanças nas características estatísticas dos dados, verificando-se diminuição do coeficiente de variação, aproximação dos valores da média e da mediana e redução da amplitude total dos dados (Tabela 2).

NÚMEROS DE OBSERVAÇÕES



EXPECTATIVA DE VALOR NORMAL



(c)

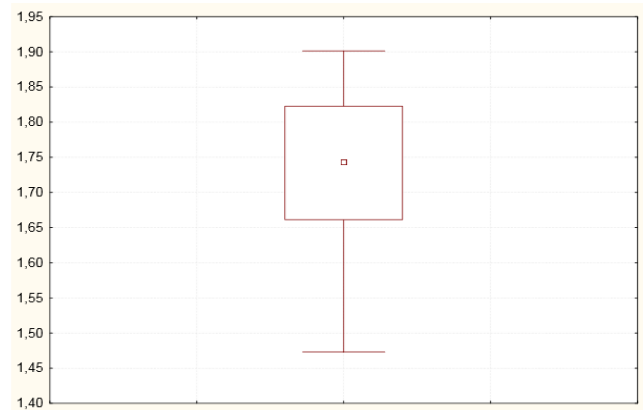


Figura 2. Histograma de frequência (a), reta de probabilidade de Henry (b) e gráfico “box-plot” (c), para densidade do solo no plantio direto.

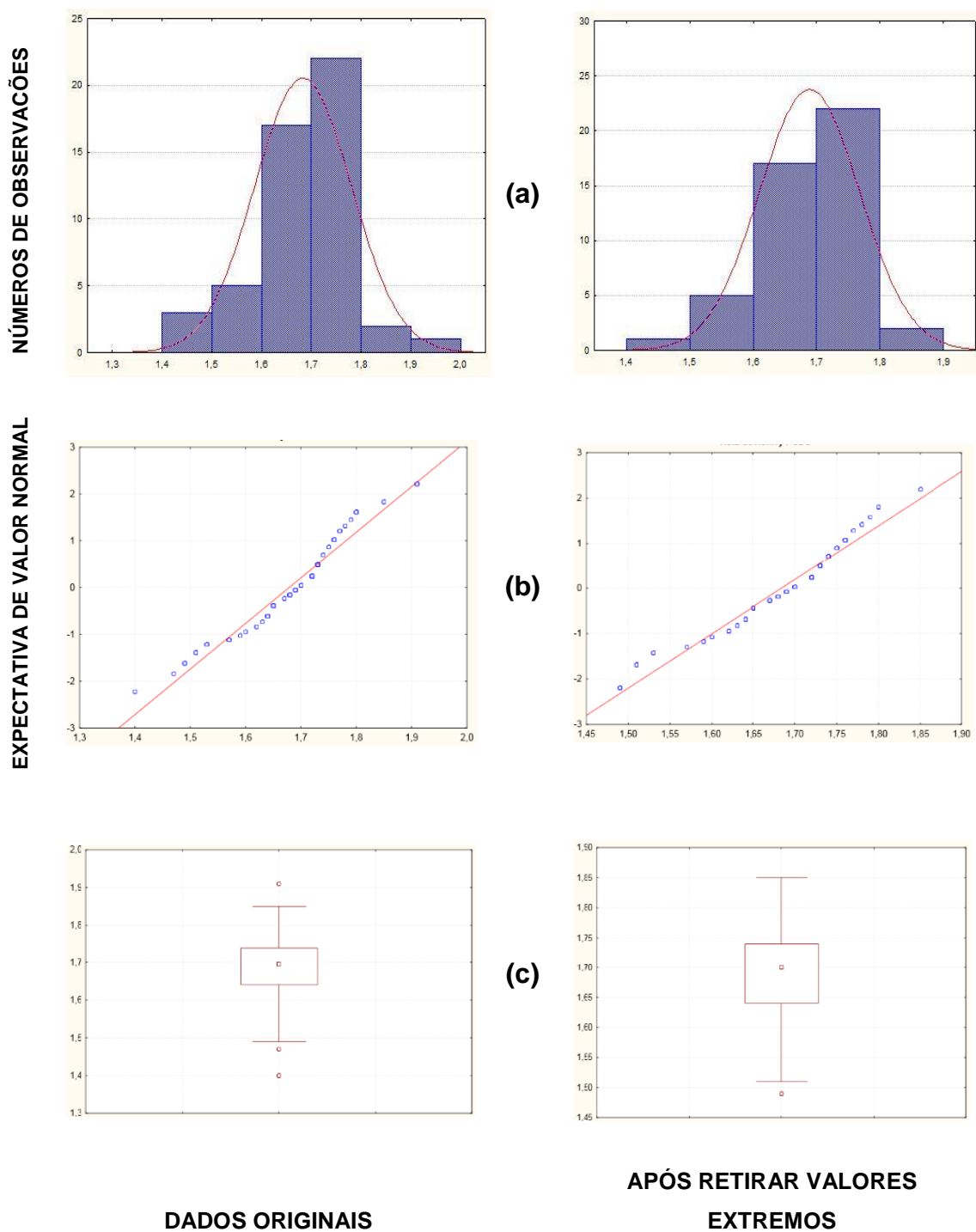


Figura 3. Histogramas de frequência (a), retas de probabilidade de Henry (b) e gráfico “box-plot” (c), para densidade do solo no plantio convencional.

Em termos absolutos pode-se verificar (Tabela 2) que no plantio direto, o valor médio foi de 1,74 g cm⁻³, com valor mínimo de 1,47 g cm⁻³ e máximo de 1,90 g cm⁻³, observando-se ainda que 75% dos valores ficaram acima de 1,66 g cm⁻³. No plantio convencional o valor médio encontrado foi de 1,68 g cm⁻³,

com valor máximo de $1,91 \text{ g cm}^{-3}$ e mínimo de $1,40 \text{ g cm}^{-3}$, observando-se que 75% das medidas apresentaram-se maiores que $1,65 \text{ g cm}^{-3}$. Nos dois casos os valores predominantes (75%) foram maiores que o limite crítico de $1,52 \text{ g cm}^{-3}$, estabelecido para Latossolo Amarelo Distrocoeso (Souza et al., 2003).

Os estudos da variabilidade têm como principal objetivo quantificar o número de amostras que deve ser obtido para representar o valor médio de uma propriedade ou característica do solo. Aplicando-se a metodologia de Santos & Vasconcelos (1987), estimou-se o número de amostras necessárias para estimar a média da Ds nos dois sistemas de manejo, cujos resultados estão na Tabela 3. Observa-se que o número de amostras necessárias para estimar a Ds é pequeno, sendo necessárias apenas quatro amostras para o nível de 5% nos dois sistemas e três para o plantio convencional após a retirada dos valores extremos, nos demais níveis (10%, 20% e 30%) o número de amostras necessárias foi menor que a unidade, o que implica em apenas uma amostra para representar a média, situação não recomendável tendo em vista a necessidade de repetições em qualquer investigação na qual se considere princípios estatísticos.

Tabela 3. Número de amostras necessárias para estimar o valor médio para densidade do solo em sistema plantio direto e convencional.

VARIACÃO EM TORNO DA MÉDIA	PLANTIO DIRETO		PLANTIO CONVENCIONAL	
	DADOS ORIGINAIS	DADOS ORIGINAIS	DADOS ORIGINAIS	APÓS RETIRADA DOS VALORES EXTREMOS
5%	3,77	3,76	3,76	2,47
10%	0,94	0,94	0,94	0,62
20%	0,24	0,24	0,24	0,15
30%	0,10	0,10	0,10	0,07

Os resultados da análise geoestatística mostraram que a Ds apresentou efeito pepita puro não havendo dependência espacial (Figura 4), o que, segundo Vieira (2000), é uma variabilidade não explicada, que pode ser devida a erros de medida e pequenas variações não detectadas, considerando-se a distância de amostragem utilizada. A inexistência de correlação espacial entre pontos amostrados indica aspecto de pura aleatoriedade; sendo assim, o efeito

pepita poderia ser mais bem caracterizado com medições realizadas em espaçamentos inferiores a 2 metros.

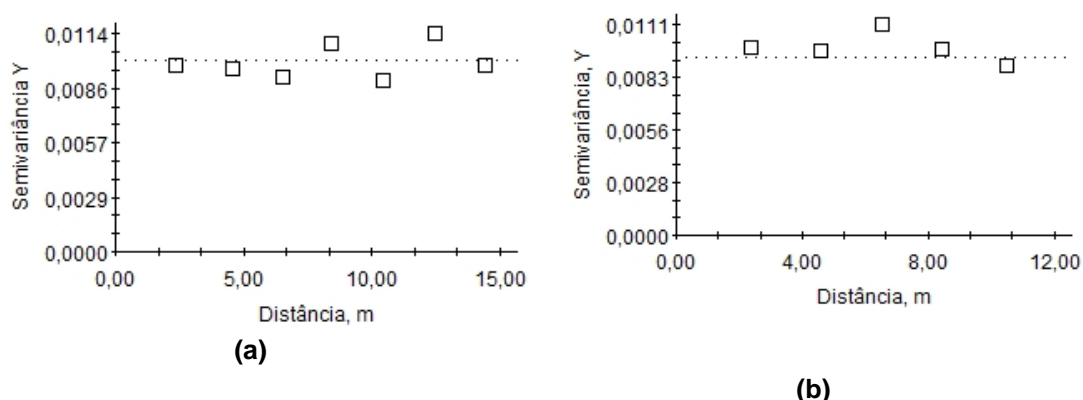


Figura 4. Semivariogramas do atributo densidade do solo sob plantio direto (a) e sob plantio convencional (b) no Recôncavo da Bahia.

3.2. Resistência mecânica do solo à penetração (RP_{100kPa})

Na Tabela 4, mostra-se a estatística descritiva para a resistência do solo à penetração. Utilizando-se a metodologia proposta por Libardi et al. (1986) não foram encontrados valores extremos, para os dados analisados neste atributo.

Tabela 4. Estatística descritiva da resistência do solo à penetração em sistema plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia.

	VALORES ORIGINAIS	
	PD	PC
OBSERVAÇÕES	50	50
MEDIA (MPa)	2,96	2,42
MEDIANA (MPa)	2,79	2,38
CV (%)	42,16	52,47
ASSIMETRIA	0,45	0,50

CURTOSE	-0,52	0,10
1º QUARTIL	2,08	1,28
3º QUARTIL	3,54	3,32
MAX	5,54	6,11
MIN	0,61	0,23
TESTE P<W	0,082 (N)	0,208 (N)
VALORES EXTREMOS	0	0

PD = plantio direto; PC= plantio convencional; P < W = resultados do teste de normalidade de Shapiro & Wilk (5%)

Os valores de medidas de posição, média e mediana (Tabela 4), foram diferentes nos dois sistemas de manejo, indicando que as distribuições apresentaram certo grau de assimetria, sendo positivas, com valores de 0,45 no plantio direto e 0,50 no plantio convencional, visto que as médias foram maiores que as medianas. Os coeficientes de curtose foram negativos e platicúrtico no plantio direto com o valor de -0,52, positivo e leptocúrtico no plantio convencional com o valor de 0,10 e distribuição normal nos dois sistemas, o que pode ser confirmado pela reta de Henry, blox-plot (Figura 4) e teste Shapiro Wilk (W) (Tabela 4).

Os valores dos coeficientes de variação foram de 42,16% no plantio direto, corroborando com os resultados dos trabalhos de Abreu (2000) e Silva et al. (2004) com Argissolos e 52,47% no plantio convencional, corroborando com os resultados encontrados por Cavalcante et al. (2011). Os coeficientes de variação nos dois sistemas de manejos foram classificados como médios (WARRICK; NIELSEN, 1980).

As médias encontradas nos dois sistemas de manejo na ordem de 2,96 MPa para o plantio direto e 2,42 MPa para o plantio convencional foram superiores ao valor crítico ao crescimento das raízes estabelecido por Taylor et al. (1966) que corresponde a 2 MPa, Cavalcante et al. (2011) trabalhando com a variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos também encontraram valores de RP superior ao limite crítico nos dois

sistemas de manejo.

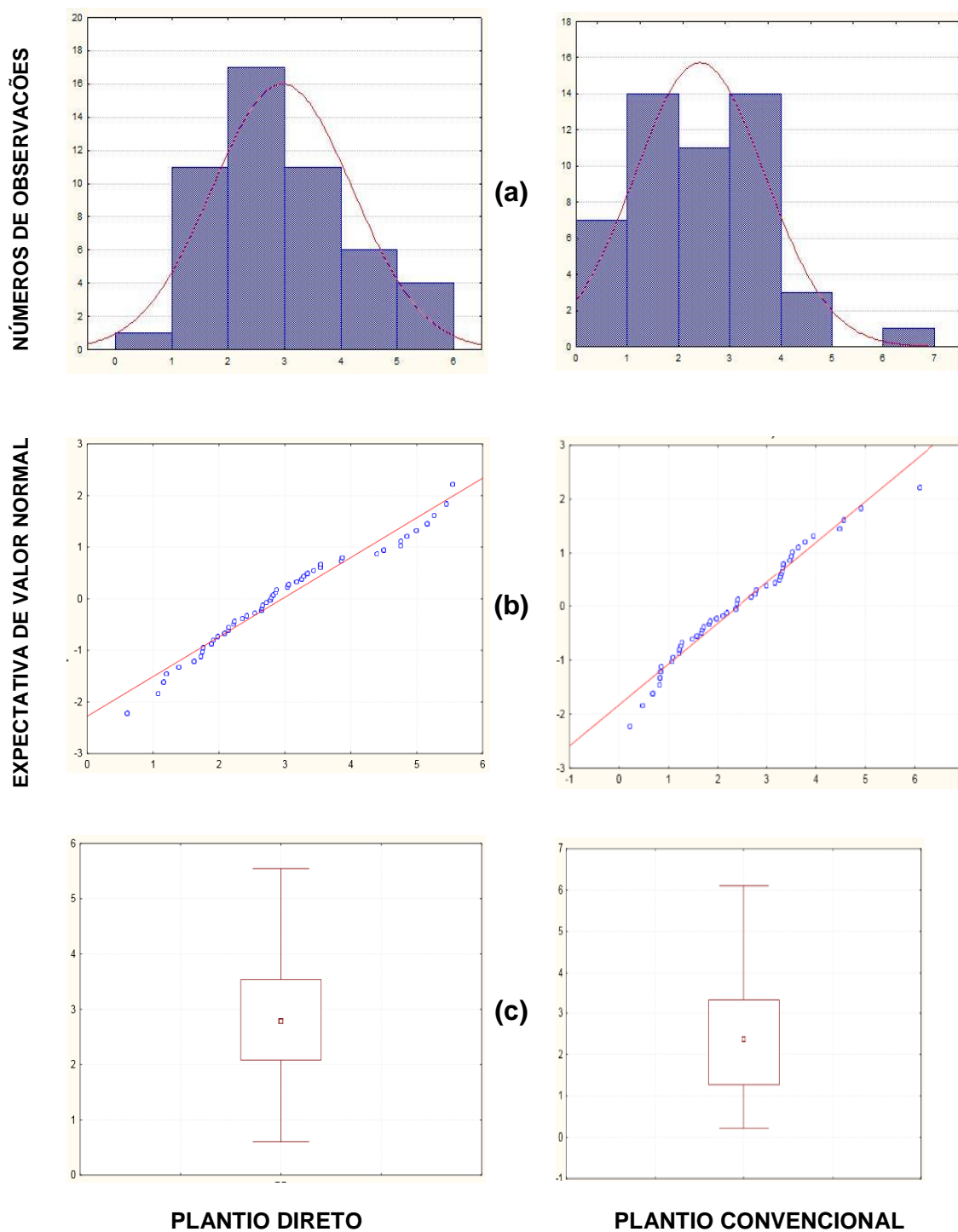


Figura 4. Histogramas de frequência (a), retas de probabilidade de Henry (b) e gráfico “box-plot” (c), para resistência do solo à penetração sob plantio direto e plantio convencional.

Os valores de máximo e mínimo encontrados no plantio direto foram de 5,54 MPa e 0,61 MPa e no plantio convencional 6,11 MPa e 0,23 MPa, mostrando elevada variação entre os pontos amostrados nos dois sistemas de manejo. Observa-se também que no sistema sob plantio direto 25% dos valores estão acima de 3,54 MPa e 75% abaixo desse valor, no plantio convencional 25% dos valores encontram-se acima de 3,32 MPa e conseqüentemente 75% abaixo desse valor. Nas duas áreas, 25% dos valores são superiores ao valor crítico estabelecido, podendo desta forma constatar que grande parte da área está com uma resistência à penetração inadequada para o desenvolvimento radicular das plantas.

A metodologia de Santos; Vasconcelos (1987) foi aplicada para estimar o número de amostras necessárias para estimar a média da RP no plantio direto e no plantio convencional, cujos resultados estão apresentados na Tabela 5. Observa-se que para todos os níveis (5 %, 10%, 20% e 30%) o número de amostras necessárias para estimar a RP foi superior no plantio convencional quando comparado com o plantio direto e para o nível de 5% é necessário um número muito grande de amostras nos dois sistemas de manejo.

Tabela 5. Número de amostras necessárias para estimar o valor médio para resistência do solo à penetração em sistema plantio direto e convencional.

VARIACÃO EM TORNO DA MÉDIA	PLANTIO DIRETO	PLANTIO CONVENCIONAL
	DADOS ORIGINAIS	DADOS ORIGINAIS
5%	200,68	310,86
10%	50,17	77,71
20%	12,54	19,43
30%	5,57	8,63

Os resultados da análise geoestatística nos dois sistemas de manejo encontram-se na Tabela 6 e mostraram que o atributo físico estudado apresentou efeito pepita puro no plantio direto sendo necessário realizar amostragem com espaçamentos inferior a 2 metros e dependência espacial no plantio convencional onde o melhor modelo ajustado foi o exponencial com um

alcance de 4,86 m, com dependência espacial forte mostrada pela relação $C_0/(C_0+C_1)$ e o GD (Tabela 6).

Os semivariogramas correspondentes a RP sob plantio direto e plantio convencional são apresentados na Figura 5. Os modelos esféricos e exponenciais apresentam-se como os modelos teóricos mais comuns aos atributos do solo e da planta (TRANGMAR et al., 1985; CAMBARDELLA et al., 1994).

Tabela 6. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para resistência do solo à penetração em sistema plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia.

VARIÁVEL	MODELO	C_0	$C_0 + C_1$	a (m)	$C_0/(C_0 + C_1)$	GD (%)
PLANTIO DIRETO						
$RP_{100kPa}(MPa)$	EPP	-	-	-	-	-
PLANTIO CONVENCIONAL						
$RP_{100kPa}(MPa)$	Exponencial	0,0790	1,6030	4,86	0,0493	4,93

EPP – Efeito pepita puro, C_0 – Efeito Pepita, a – Alcance, $C_0 + C_1$ – Patamar, a – Alcance, GD – Grau de Dependência espacial.

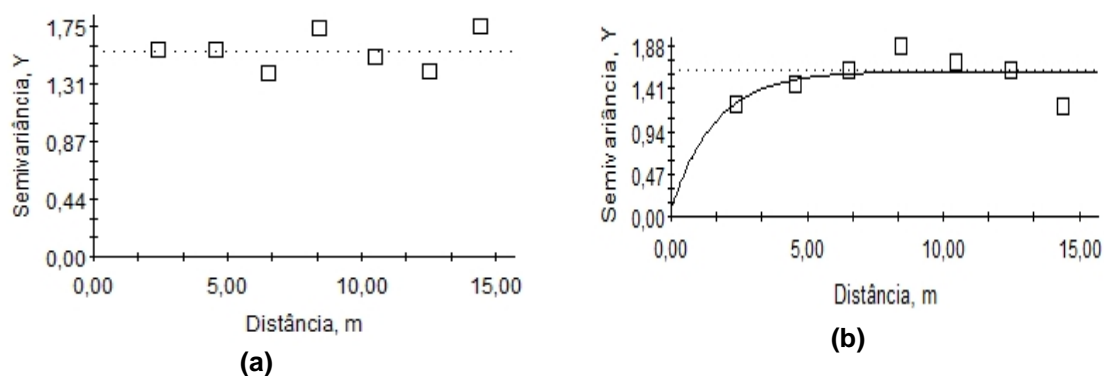
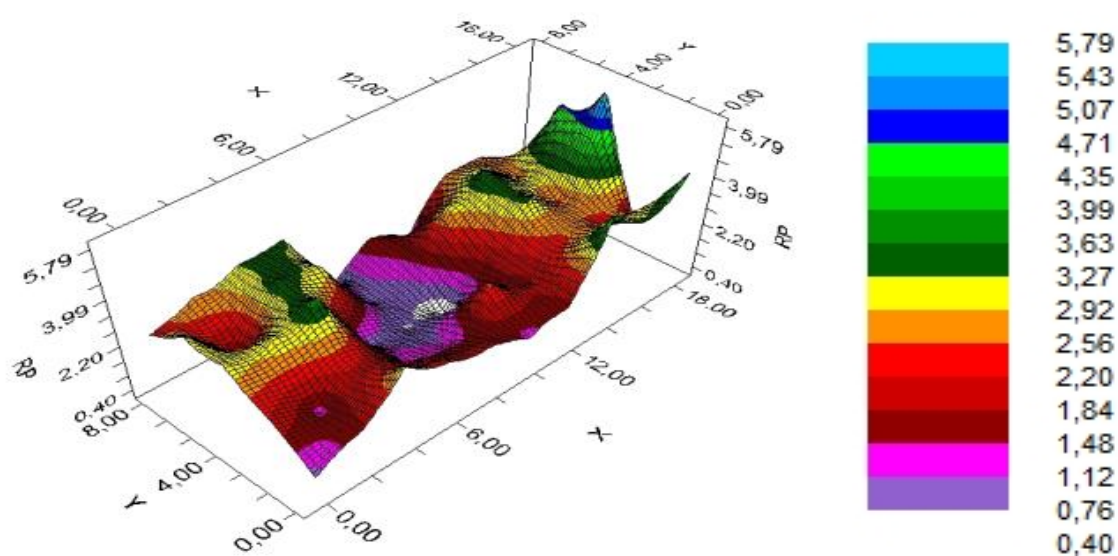


Figura 5. Semivariogramas do atributo resistência à penetração do solo sob plantio direto (a) e sob plantio convencional (b) no Recôncavo da Bahia.

O mapa temático da RP no sistema plantio convencional encontra-se ilustrado na Figura 6, elaborado utilizando-se os 50 pontos amostrais, por meio

do método da krigagem e considerando-se as estruturas de dependência espacial obtidas no semivariograma e estimando valores da RP para locais não amostrados. Observam-se que foram estimados valores na área bem superiores ao limite crítico estabelecido, porém a predominância na área é de valores inferiores ao limite crítico estabelecido.

Figura 6. Mapa de krigagem do atributo resistência do solo à penetração em sistema plantio convencional.



3.3. Condutividade hidráulica do solo saturado (K_o)

Os resultados estão sumarizados na Tabela 7. Foram encontrados valores extremos para os dados analisados neste atributo segundo a metodologia proposta por Libardi et al. (1986).

Tabela 7. Estatística descritiva da condutividade hidráulica do solo saturado em sistema plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia.

VALORES ORIGINAIS	SEM VALORES EXTREMOS
-------------------	----------------------

	PD	PC	PD	PC
OBSERVAÇÕES	50	50	45	43
MEDIA (cm h⁻¹)	7,56	15,30	4,71	8,37
MEDIANA (cm h⁻¹)	4,41	7,49	3,47	6,30
CV (%)	130,2	125,31	83,77	81,90
ASSIMETRIA	2,50	2,49	1,44	1,80
CURTOSE	6,25	7,35	1,63	3,81
1º QUARTIL	2,06	4,37	1,87	4,18
3º QUARTIL	7,99	16,11	6,02	11,19
MAX	46,43	99,56	16,15	31,26
MIN	0,37	1,01	0,37	1,01
TESTE P<W	0,000	0,000	0,000	0,000
VALORES EXTREMOS	5	7	-	-

PD = plantio direto; PC= plantio convencional; P < W = resultados do teste de normalidade de Shapiro & Wilk (5%)

Os valores de medidas de posição, média e mediana para os dois manejos, com e sem a retirada dos valores extremos, foram diferentes, indicando que a distribuição da condutividade hidráulica do solo saturado apresenta certo grau de assimetria, sendo positiva, visto que a média é maior que a mediana. O coeficiente de curtose foi positivo e leptocúrtico nos dois sistemas de manejo. Com base nestes critérios e mais a reta de Henry, bloxplot (Figuras 7 e 8) e teste Shapiro Wilk (W) (Tabela 7) verificou-se que a distribuição da K_0 apresentou-se diferente da normal, situação que desaconselha o uso do valor médio como representativo do do conjunto de dados.

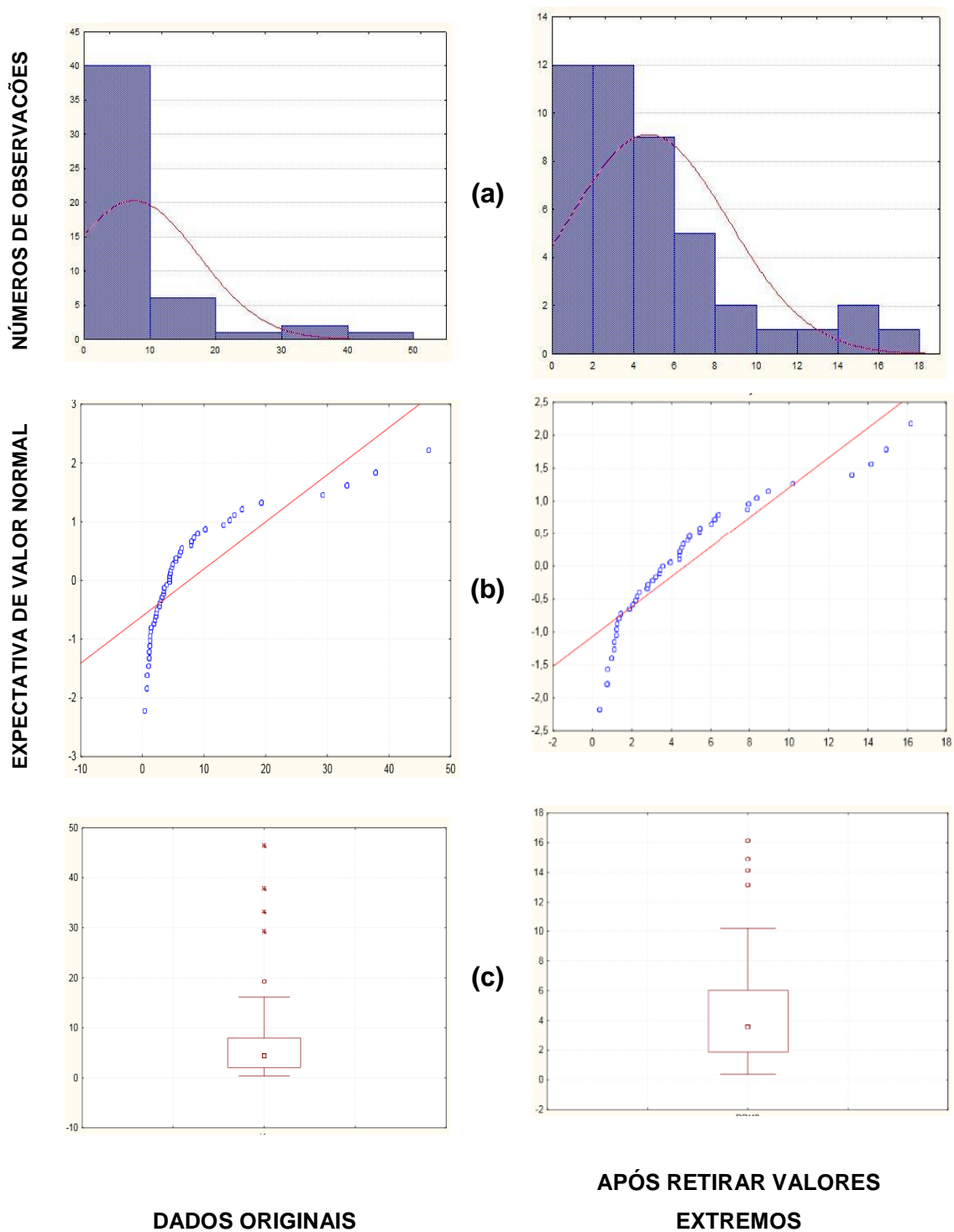


Figura 7. Histogramas de frequência (a), retas de probabilidade de Henry (b) e gráfico “box-plot” (c), para condutividade do solo saturado no plantio direto.

Os coeficientes de variação para K_0 no plantio direto (130,2%) e no convencional (125,31%) foram altos segundo a classificação de Warrick; Nielson (1980) evidenciando alta heterogeneidade para os solos das duas áreas estudadas. Vários trabalhos com alto CV para a K_0 são encontrados na literatura (MESQUITA et al., 2002; SILVA et al., 2008; SCHERPINSKI et al., 2010). Com a retirada dos valores extremos, que reduziram os coeficientes de variação nos dois casos, os valores foram classificados como lenta moderada no plantio direto e moderada no plantio convencional de acordo com a metodologia utilizada pelo Soil Survey Staff (1993). A K_0 depende do espaço poroso do solo e este atributo varia bastante de solo para solo e, também, para o mesmo solo, em função das variações estruturais decorrentes das práticas de manejo (ABREU et al., 2004).

Nos dados originais da K_0 (Tabela 7), os valores encontrados para máximo e mínimo no manejo sob plantio direto foram de 46,43 cm h^{-1} e 0,37 cm h^{-1} e para o plantio convencional valores de 99,56 cm h^{-1} e 1,01 cm h^{-1} , respectivamente, mostram elevada variação entre os pontos amostrados, principalmente no sistema de plantio direto, observa-se também que somente 25% dos valores estão acima de 16,11 cm h^{-1} e conseqüentemente 75% estão abaixo desse valor. O valor médio encontrado na área sob plantio direto foi de 7,56 cm h^{-1} e na área sob plantio convencional foi de 15,30 cm h^{-1} , considerados como moderado e moderado rápido de acordo com a classificação do Soil Survey Staff (1993).

Quando comparados os dois sistemas de manejo, plantio direto e convencional observa-se (Tabela 7) que o plantio convencional apresentou maior valor médio, 15,30 cm h^{-1} , classificado como condutividade hidráulica moderadamente rápida. Isto é explicado pela melhoria da macroporosidade proporcionada pela prática da aração realizada neste sistema de manejo.

De maneira geral, a retirada dos valores extremos melhorou a qualidade dos dados, principalmente no que diz respeito às medidas de dispersão e distribuição (Tabela 7). A média e mediana apresentaram valores mais próximos, principalmente no plantio convencional, afetando os valores de assimetria e curtose, que apresentaram expressiva redução.

O estudo de variabilidade espacial de atributos do solo objetiva, dentre outros aspectos, quantificar o número de amostras necessárias para

representar o valor médio deste atributo. O modelo matemático mais utilizado neste sentido é o descrito por Santos; Vasconcelos (1987).

Os dados da Tabela 8 mostram tanto nos dados originais quanto nos dados após a retirada dos valores extremos que no plantio convencional é necessário um número menor de amostras para representar a média do atributo K_0 quando comparado ao plantio direto.

Tabela 8. Número de amostras necessárias para estimar o valor médio para condutividade do solo saturado em sistema de plantio direto e convencional.

VARIACÃO EM TORNO DA MÉDIA	PLANTIO DIRETO		PLANTIO CONVENCIONAL	
	DADOS ORIGINAIS	APÓS RETIRADA DOS VALORES EXTREMOS	DADOS ORIGINAIS	APÓS RETIRADA DOS VALORES EXTREMOS
5%	1912,91	792,28	1772,87	757,31
10%	478,23	198,07	443,22	189,33
20%	119,56	49,52	110,80	47,33
30%	53,14	22,01	49,25	21,04

A maior quantidade de amostra está associada a valores de variação de 5% e 10%, sendo valores impraticáveis em nível de campo e manejo do solo. Porém, com uma variação de 20% e 30% em torno da média o número de amostras necessárias já é razoavelmente praticável, sendo respectivamente, 120 e 53 amostras para os dados originais (plantio direto), 50 e 22 amostras para os dados após a retirada dos valores extremos (plantio direto) e 111 e 49 amostras para os dados originais (plantio convencional), 47 e 21 amostras para os dados após a retirada dos valores extremos (plantio convencional).

Os resultados da análise geoestatística da K_0 nos dois sistemas de manejo encontram-se na Tabela 9. No sistema de plantio direto a K_0 apresentou efeito pepita puro não havendo a existência de dependência espacial.

No sistema convencional a K_0 apresentou dependência espacial ajustando-se melhor ao modelo esférico, com um alcance de 7,5 metros, efeito pepita com valor de 69 mostrando descontinuidade entre as amostras. Segundo Vieira (2000) quanto maior o efeito pepita maior a descontinuidade

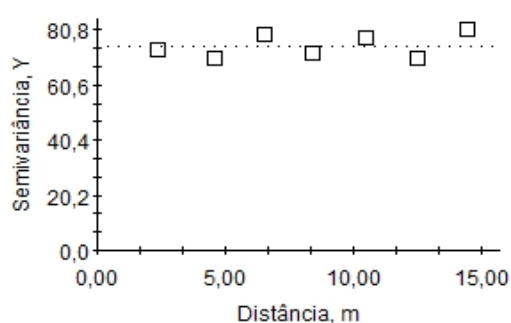
entre as amostras. A análise da relação $C_0/(C_0+C_1)$ da K_0 mostrou grau de dependência espacial forte (Tabela 9).

Na figura 9 encontram-se os modelos dos semivariogramas ajustados para a K_0 nos dois sistemas de manejo, onde no plantio direto ajustou-se ao modelo efeito pepita puro, resultado diferente foi encontrado por Santos et al., (2012) e no plantio convencional o modelo ajustado foi o modelo esférico corroborando com o mesmo modelo encontrado por Scherpinski et al. (2010).

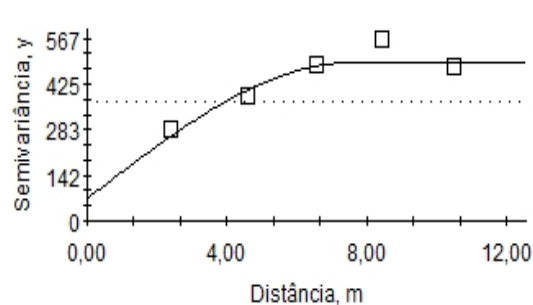
Tabela 9. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para a condutividade hidráulica do solo saturado em sistema de plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia.

VARIÁVEL	MODELO	C_0	$C_0 + C_1$	a (m)	$C_0/(C_0 + C_1)$	GD (%)
PLANTIO DIRETO						
K_0 (cm h ⁻¹)	EPP	-	-	-	-	-
PLANTIO CONVENCIONAL						
K_0 (cm h ⁻¹)	Esférico	69	491	7,5	0,14	14

EPP – Efeito pepita puro, C_0 – Efeito Pepita, a – Alcance, $C_0 + C_1$ – Patamar, a – Alcance, GD – Grau de Dependência espacial.



(a)

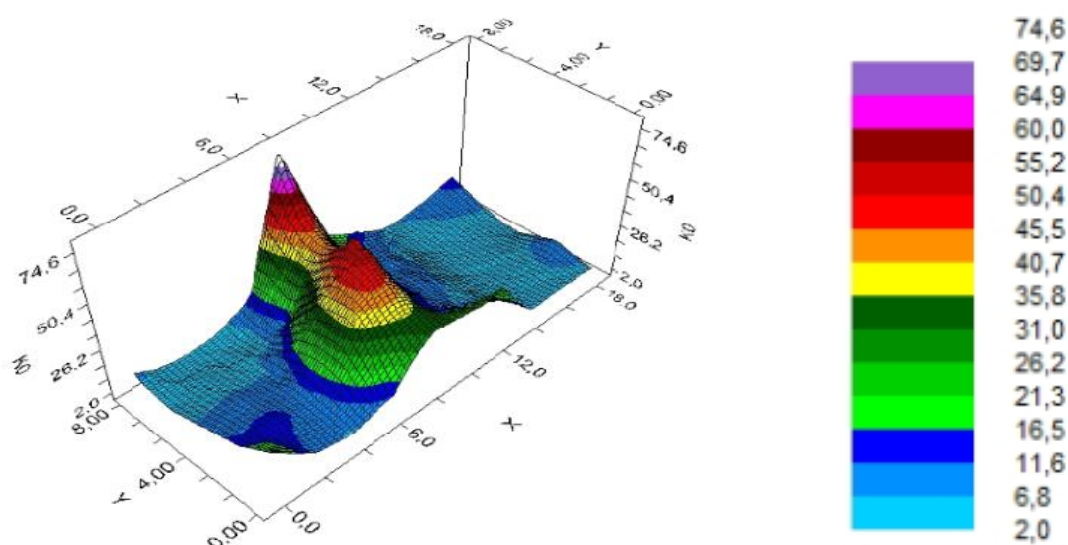


(b)

Figura 9. Semivariogramas do atributo condutividade hidráulica do solo saturado sob plantio direto (a) e sob plantio convencional (b) no Recôncavo da Bahia.

O mapa da estimativa de valores da K_0 para locais não amostrados por meio da krigagem no sistema de plantio direto e convencional encontram-se na Figura 10. Observa-se que na área a K_0 variou de $74,6 \text{ cm h}^{-1}$ a $2,0 \text{ cm h}^{-1}$ com predominância de valores mais baixos entre $6,8 \text{ cm h}^{-1}$ e $2,0 \text{ cm h}^{-1}$.

Figura 10. Mapa de Krigagem do atributo condutividade hidráulica do solo saturado em sistema convencional no Recôncavo da Bahia.



4. CONCLUSÃO

1. A densidade do solo apresentou distribuição normal e efeito pepita puro nos dois sistemas de manejo.
2. Nos dois sistemas de manejos a resistência mecânica do solo à penetração apresentou distribuição normal, efeito pepita puro no sistema plantio direto e forte grau de dependência espacial no sistema convencional.
3. A condutividade hidráulica do solo saturado nos dois sistemas de manejo, plantio direto e convencional, apresentou distribuição não normal,

efeito pepita puro no sistema direto e forte grau de dependência espacial no sistema convencional.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L.S. Propriedades hídricas e mecânicas afetadas por sistemas de manejo e variabilidade espacial de um Argissolo [Dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2004; 28:519 – 531.

ALMEIDA, O.A. Informações meteorológicas do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas: EMBRAPA/CNPMPF, 1999. 35 p.

AQUINO, R.E., CAMPOS, M.C.C., MARQUES JÚNIOR, J., OLIVEIRA, I.A., TEIXEIRA, D.D.B., CUNHA, J.M. Use of scaled semivariograms in the planning sample of soil physical properties in Southern Amazonas, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2015; 39:21-30.

ARAGÃO, J.I.O. Plantas de cobertura e dinâmica do carbono orgânico do solo nas condições edafoclimáticas do Recôncavo da Bahia [Dissertação]. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – URFB; 2015.

BARBIERI D.M., MARQUES JÚNIOR, J., PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo. **Revista Engenharia Agrícola**, 2008; 28:645-653.

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PERREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 2001; 25:167 – 177.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F. & KONOPKA, A.E. Field-scale variability of properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**. 1994; 58:1501 – 1511.

CARVALHO, J.R.P.; SILVEIRA, P.M. & VIEIRA, S.R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2002; 37:1151-1159.

CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2011; 15:237-243.

CORÁ, J.E.; ARAUJO, A.V.; PEREIRA, G.T.; BERALDO, J.M.G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 2004; 28:1013-1021.

DONAGEMA, G.K. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. rev. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2011. 230p.

GREGO, C.R. & VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 2005; 29:169-177.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS, Cruz das Almas, 1996. Pesquisa e desenvolvimento para os Tabuleiros Costeiros; anais. Aracaju: EMBRAPA, CPATC; EMBRAPA, CNPMF; EAUFBA; IGUFBA, 1996. p.13-24.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2. ed. Piracicaba: EDUSP, 2005. 329p.

LIBARDI, P. L.; PREVEDELLO, C. L.; PAULETTO, E. A.; MORAES, S. O. Variabilidade espacial da umidade, textura e densidade de partículas ao longo de uma transeção. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 1986; 10: 85-90.

MELO FILHO, J.F., SOUZA, A.L.V., SOUZA, L.S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 2007; 31:1599-1608.

MESQUITA, M.G.B.F.; MORAES, S.O. & CORRENTE, J.E. More adequate probability distributions to represent the saturated soil hydraulic conductivity. **Scientia Agricola**. 2002; 59:789-793.

OLIVEIRA, I.A., CAMPOS, M.C.C., SOARES, M.D.R., AQUINO, R.E., MARQUES JÚNIOR, J., NASCIMENTO, E.P. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Cambissolo Háplico, sob diferentes usos na região Sul do Amazonas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 2013; 37:1103-1112.

REZENDE, J.O. Solos coesos dos tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo. Salvador, SEAGRI-SPA, 2000. 117p. (Série Estudos Agrícolas, 1)

ROBERTSON, G.P. GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.

SANTOS, H.G. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SANTOS, H.L. & VASCONCELOS, C.A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 1987; 11:97-100.

SANTOS, K.S.; MONTENEGRO, A.A.A.; ALMEIDA, B.G.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; ANDRADE, T.S.; FONTES JÚNIOR, R.V.P. Variabilidade espacial de atributos físicos em solos de vale aluvial no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2012; 16: 828–835.

SCHERPINSKI, C.; URIBE-OPAZO, M.A.; VILAS BOAS, M.A.; SAMPAIO, S.C. & JOHAM, J.A. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica e da infiltração da água no solo. **Acta Scientiarum Agronomy**. 2010; 32:7-13.

SILVA, A.P. & GIAROLA, N.F.B. Estabelecimento de índice de resistência dos solos para quantificação do grau de coesão. In: Anais do Workshop Sobre Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros; novembro 2001; Aracaju - Brasil. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p.145-160.

SILVA, G.J.; VALADÃO JÚNIOR, D.D.; BIANCHINI, A.; AZEVEDO, E.C. & MAIA, J.C.S. Variação de atributos físico-hídricos em Latossolo Vermelho-Amarelo do cerrado mato-grossense sob diferentes formas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2008; 32:2135-2143.

SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. **Revista Ciência Rural**. 2004; 34: 399-406.

SOUZA, L.S. Uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS, Cruz das Almas, 1996. Pesquisa e desenvolvimento para os Tabuleiros Costeiros; **Anais**. Aracaju: EMBRAPA, CPATC; EMBRAPA, CNPMF; EAUFBA; IGUFBA, 1996. p.36-75.

SOUZA L.S.; SOUZA, L.D.; SOUZA, L.F.S. Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo sob o enfoque de produção vegetal: estudo de caso para citros em solos coesos de tabuleiros costeiros. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29. Ribeirão Preto, 2003. Anais. Ribeirão Preto, UNESP, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.

Soil Survey Staff. 1993. **Soil survey manual**. Washington, USDA. 437p. (Handbook, 18)

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S. & UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**. 1985; 38: 45-93.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER JR., J.J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. **Soil Science**, 1966; 102:18–22.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R.F.; Alvarez, V.H.; Schaefer, C.E.G.R. (eds). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2000. p1-53.

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C. & REYNOLDS, W.D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., (eds). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.1-45.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLED, D. (Ed). **Application of soil physics**. New York: Academic Press; 1980. p.319-344.

CAPÍTULO 2

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM LATOSSOLO AMARELO COESO SOB SISTEMAS PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL NO RECÔNCAVO DA BAHIA ²

² Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Ciência do Solo

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM LATOSSOLO AMARELO COESO SOB SISTEMAS PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL NO RECÔNCAVO DA BAHIA

RESUMO: O estudo da variabilidade espacial dos atributos químicos dos solos é particularmente de grande importância em áreas onde o solo está sob diferentes manejos. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar e comparar a variabilidade espacial de três atributos químicos de um LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso, sob sistemas de plantio direto e plantio convencional. O trabalho foi realizado em campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizado no município de Cruz das Almas – BA, o esquema de amostragem utilizado foi um “grid” formado pela interseção de 50 pontos, espaçados em intervalos regulares de 2m, em cada ponto foram coletadas amostras deformadas, utilizadas para avaliar os atributos: pH em água (acidez efetiva), $CTC_{efetiva}$ e matéria orgânica do solo. Os atributos químicos do solo foram avaliados por meio da estatística descritiva e de técnicas geoestatísticas. A acidez ativa do solo apresentou dependência espacial no sistema convencional, a $CTC_{efetiva}$ apresentou dependência espacial nos dois sistemas de manejo e a matéria orgânica do solo apresentou em ambos sistemas de manejos efeito pepita puro.

Termos de indexação: Geoestatística, propriedades químicas, Latossolo.

**VARIABILITY ATTRIBUTES OF SPACE IN CHEMICAL OXISOL COHESION
UNDER PLANTING SYSTEMS AND DIRECT THE CONVENTIONAL
RECÔNCAVO OF BAHIA**

ABSTRACT: Spatial variability of soil chemical properties is an important element of site under different crop-management. This study aimed to evaluate and compare the spatial variability of three chemical attributes of dystrophic cohesive yellow latosol under no-tillage and conventional tillage systems. The study was conducted at the experimental field of Reconcavo Baiano Federal University, located in Cruz das Almas. For soil sampling, the grid-point method was done by sampling at grid intersection (50 points) spaced at regular intervals (2m). Disturbed samples were collected in each point in order to evaluate some chemical properties, i.e. pH in water (effective acidity), CTCeffective and soil organic matter. Chemical properties of the soil were analysed by descriptive statistics and geostatistics. Active acidity in the soil presented spatial dependence in the conventional system, but CTCeffective presented spatial dependence in both management systems, while organic matter in the soil presented pure nugget effect in both managements systems.

Index terms: Geostatistics, chemical properties, Latosol

1. INTRODUÇÃO

Os atributos do solo apresentam variabilidade espacial condicionada por condições naturais de formação e de uso (SILVA et al., 2010; ZANÃO JÚNIOR et al., 2010; DALCHIAVON et al., 2012; LIMA et al., 2013), cuja caracterização possibilita aperfeiçoar os sistemas produtivos, as técnicas de amostragem e as práticas de uso e manejo, melhorando o funcionamento do solo para a produção agrícola. Neste sentido, vários estudos utilizaram a técnica da geoestatística para avaliar a estrutura da variabilidade espacial de atributos químicos do solo (ZANÃO JÚNIOR et al., 2010; VIEIRA et al., 2011; DALCHIAVON et al., 2012; LIMA et al., 2013; ARTHUR et al., 2014; RESENDE et al., 2014). Os resultados, de maneira geral, mostram que as características da variabilidade estão relacionadas ao sistema de manejo utilizado, sendo maior nos sistemas de menor mobilização mecânica, a exemplo do plantio direto, quando comparado com sistemas com maior mobilização, tipo convencional (SOUZA et al., 1998; CAVALCANTE et al., 2007a; CAVALCANTE et al., 2007b). Da mesma forma quando comparados com atributos físicos, verifica-se que os atributos químicos apresentam maior variação, o pode ser explicado pelas diversas combinações a que estão sujeitos os elementos químicos do solo e às constantes reações químicas que ocorrem na solução do solo (BOTTEGA et al., 2013).

O Recôncavo da Bahia é uma região fisiográfica inserida no ambiente dos Tabuleiros Costeiros do Brasil, caracterizada por planícies litorâneas com elevação média de 200 metros acima do nível do mar, onde predominam Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos, distróficos ou álicos, coesos e de textura média, caracterizando-se pela baixa capacidade de retenção de água, baixos teores de argila e matéria orgânica, sendo a coesão, que ocorre nos horizontes AB e BA do solo, uma importante característica de limitação ao uso agrícola destes solos (JACOMINE, 1996; CARVALHO et al., 2002).

Os solos dos Tabuleiros Costeiros caracterizam-se quimicamente por apresentar baixos teores de soma de bases, capacidade de troca catiônica, saturação por bases, alta saturação por alumínio e baixos teores de fósforo, condições que refletem, limitações químicas, baixo suprimento de nutrientes às

plantas e reduzido crescimento radicular, principalmente, de culturas perenes (REZENDE, 2000).

Por outro lado sistemas que não mobilizam o solo conservam e incrementam seus níveis de matéria orgânica, como o plantio direto, têm sido experimentados como alternativa de manejo para o cultivo de mandioca no Recôncavo, justificando-se, desta forma, a realização de estudos que possam gerar informações capazes de contribuir para melhorar sua eficiência e conseqüentemente a produtividade da cultura da mandioca.

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar a variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Amarelo Coeso sob cultivo de mandioca em sistema plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizado no município de Cruz das Almas – BA, onde o clima local caracteriza-se por ser tropical quente e úmido com estação seca no verão, do tipo As segundo a classificação de Köppen. A pluviosidade média anual da região é de 1.224 mm, com a temperatura média anual de 22,45 °C e a umidade relativa do ar de 80 % (ALMEIDA, 1999). O solo da área foi classificado como um LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso (SANTOS, 2013) cuja composição textural encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação textural do LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso.

SISTEMA DE MANEJO	AREIA	SILTE	ARGILA	CLASSE TEXTURAL
	_____ % _____			
PLANTIO DIRETO	78	7	15	FRANCO ARENOSO
PLANTIO CONVENCIONAL	77	7	16	FRANCO ARENOSO

As amostras foram coletadas em dois sistemas de manejo: 1. Sistema direto e 2. Sistema convencional. A área utilizada sob sistema direto está manejada há cinco anos. Antes de se utilizar o sistema plantio direto à área era ocupada por pastagem de braquiária degradada. Na mudança de manejo da área foi adotado: no primeiro ano o preparo do solo foi convencional com

aração e gradagem cultivando-se a *Crotalaria juncea* L., no final do ciclo o material foi roçado e deixado sobre o solo em pousio; no segundo ano foi realizada a roçagem da vegetação espontânea para o plantio de girassol e no final do ciclo foi realizada a colheita dos aquênios e os restos da palhada permaneceram sobre o solo novamente em pousio; no terceiro ano foi roçado o resto da palhada junto com a vegetação espontânea e implantou-se a *Crotalaria juncea* L., a qual foi dessecada para se plantar o girassol, o qual foi colhido e os restos culturais decompostos sobre o solo; no quarto ano utilizou-se o consórcio de feijão de porco (*Canavalia ensiformes* L.) com milheto (*Pennisetum americanum* L.) que foi dessecado para o plantio de girassol (*Helianthus annuus* L.); no quinto ano retirou-se o girassol (*Helianthus annuus* L.) e implantou-se o milheto (*Pennisetum americanum* L.) mais sorgo (*Sorghum bicolor* L.) (ARAGÃO, 2015).

No sistema convencional com aproximadamente seis anos de uso com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) realiza-se o preparo do solo com uma aração na profundidade de 0,4 metros e uma gradagem para nivelamento da área e posteriormente o plantio da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.). Os tratos culturais são realizados com a enxada e a colheita é manual, para na sequência novo ciclo de preparo, plantio, tratos culturais e colheita.

O esquema de amostragem utilizado foi um “grid” (Figura 1) formado pela interseção de 50 pontos, espaçados em intervalos regulares de 2 metros, nos quais se retiraram aproximadamente 1kg de amostras deformadas na profundidade de 0-15 cm utilizadas para avaliar os seguintes atributos: pH do solo, CTC_{efetiva} do solo e matéria orgânica do solo.



Figura 1. Distribuição espacial dos pontos de amostragem nos sistemas de plantio direto (a) e plantio convencional (b) para avaliação dos atributos físicos do solo.

O pH do solo (acidez efetiva) foi determinado por meio da leitura direta no pHmetro, conforme metodologia de Embrapa (2009).

A $CTC_{efetiva}$ foi calculada com base na análise do solo, por meio da soma do cátion Al^{3+} aos cátions de reação básica: $CTC_{efetiva} = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+} + Al^{3+}$.

A matéria orgânica do solo foi determinada pelo método estabelecido por Raiji et al. (2001).

O conjunto de resultados obtidos foi estatisticamente analisado em duas etapas. Na primeira realizou-se a estatística exploratória descritiva e teste de Shapiro & Wilk a 5% para verificação da normalidade. Nesta etapa realizou-se também a verificação da presença de valores extremos conforme proposição de Libardi et al. (1986) e também foi quantificado o número de amostras que devem ser obtidas para representar o valor médio de uma propriedade ou característica do solo através da metodologia de Santos & Vasconcelos (1987). Na segunda etapa verificou-se o grau de dependência espacial, seguindo-se a proposta de Cambardella et al. (1994), que permite quantificar a proporção do componente aleatório ou efeito pepita (C_0) na variância total ou patamar (C_0+C_1). De acordo com a proposta do autor o GD pode ser utilizado para

classificar a dependência espacial em $GD < 25\%$ - forte dependência espacial; GD entre 25% e 75% - moderada dependência espacial e $GD > 75\%$ - fraca dependência espacial. Os semivariogramas foram estimados segundo Vieira (2000), cujos modelos foram selecionados com base na menor soma de quadrados de resíduos (RSS). Os mapas de estimativa por krigagem e os semivariogramas foram elaborados no programa GS+ (Robertson, 1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. pH do solo (acidez ativa)

Os resultados da estatística descritiva estão sumarizados na Tabela 2.

Tabela 2. Estatística descritiva do pH do solo em sistema plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia.

	VALORES ORIGINAIS	
	PD	PC
OBSERVAÇÕES	50	50
MEDIA	5,53	5,07
MEDIANA	5,48	4,97
CV (%)	6,63	13,66
ASSIMETRIA	-0,07	0,45
CURTOSE	-0,81	-0,66
1º QUARTIL	5,30	4,59
3º QUARTIL	5,87	5,55
MAX	6,18	6,50
MIN	4,79	4,02

TESTE P<W	0,182 (N)	0,024
VALORES EXTREMOS	-	-

PD = plantio direto; PC= plantio convencional; P < W = resultados do teste de normalidade de Shapiro & Wilk (5%)

Observa-se na Tabela 2 que a acidez do solo (pH em água) apresentou nos dois sistemas de manejo, valores de média e mediana próximos, assimetria negativa (-0,072) no plantio direto e positiva no plantio convencional (0,456), o coeficiente de curtose foi de -0,818 no plantio direto e -0,664 no plantio convencional, classificados como platicúrticos e indicando que a distribuição foi aproximadamente simétrica e normal no sistema sob plantio direto e diferente da normal no sistema sob plantio convencional, podendo ser confirmado pela reta de Henry, blox-plot (Figuras 2 e 3) e teste Shapiro Wilk (W) (Tabela 2). Os valores dos coeficientes de variação foram diferentes nos dois sistemas de manejo, 6,63% no plantio direto e 13,66% no plantio convencional sendo classificados como baixo e médio, respectivamente (WARRICK; NIELSEN, 1980). Para este atributo não foi identificado a presença de valores extremos (Tabela 2).

Pode-se verificar em termos absolutos (Tabela 2) que no plantio direto, o valor médio do pH foi de 5,53, com valor mínimo de 4,79 e máximo de 6,18, ainda observa-se que 75% dos valores ficaram acima de 5,30, sendo este valor considerado quimicamente como acidez média e agronomicamente classificado como baixo, considerado inadequado para o desenvolvimento das culturas (ALVAREZ et al., 1999), situação que indica a necessidade de correção para níveis considerados adequados. No plantio convencional o valor médio encontrado foi de 5,07, com valor máximo de 6,50 e mínimo de 4,02, observando-se que 75% das medidas apresentaram-se maiores que 4,59. Neste sistema de manejo os valores de pH predominantes (75%) também foram considerados como acidez média e classificados agronomicamente como baixos para o desenvolvimento das culturas (ALVAREZ et al., 1999).

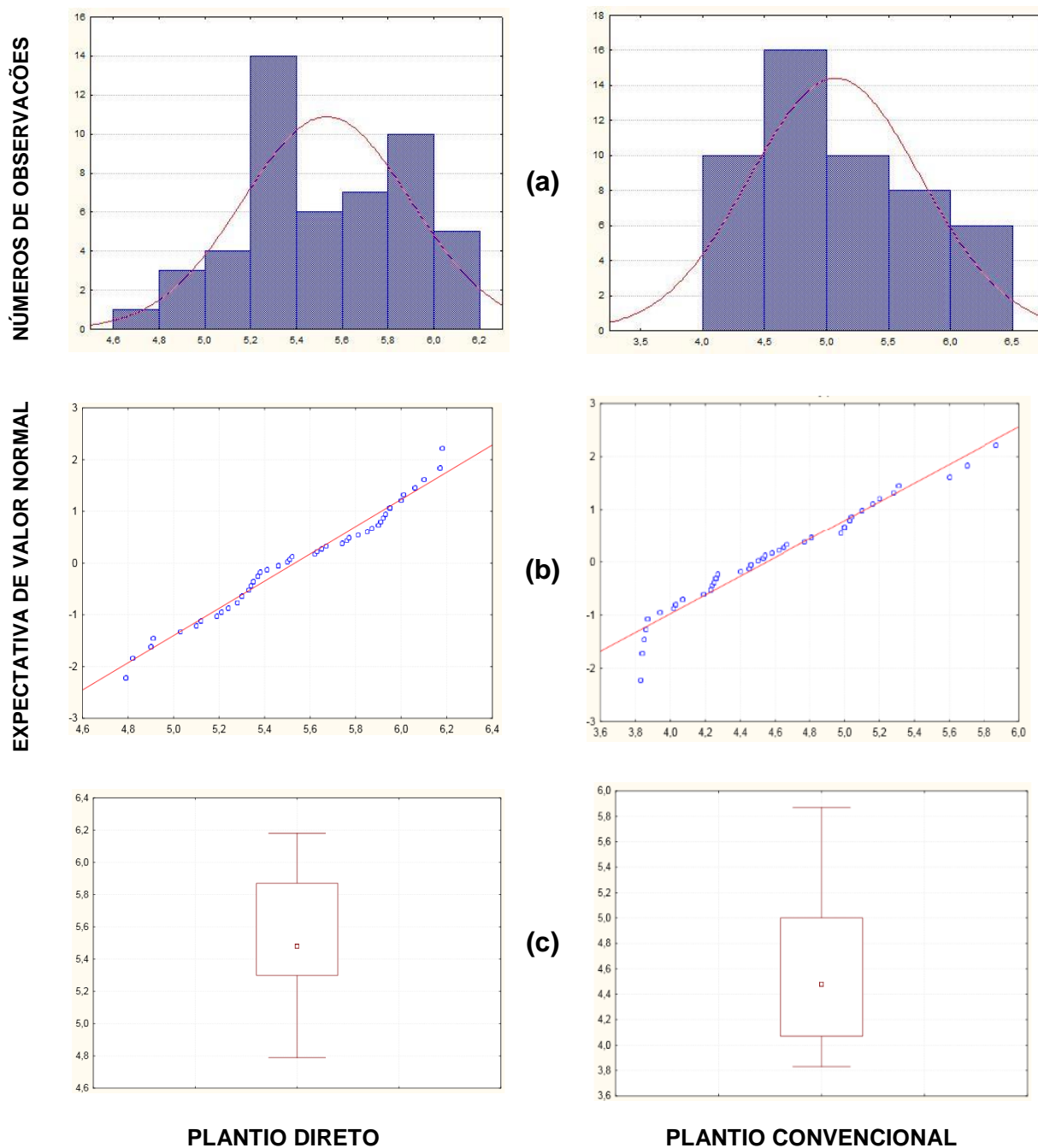


Figura 2. Histogramas de frequência (a), retas de probabilidade de Henry (b) e gráfico “box-plot” (c), para o pH do solo sob plantio direto e plantio convencional.

Aplicando-se a metodologia de Santos; Vasconcelos (1987), estimou-se o número mínimo de amostras necessário para obter um valor médio da acidez ativa do solo nos dois sistemas de manejo, cujos resultados estão na Tabela 3. Os resultados mostram que no plantio direto é necessário um número menor de amostras para representar a média do atributo acidez ativa do solo quando

comparado ao convencional direto. Com uma variação de 20 e 30% em torno da média o número de amostras necessárias é uma amostra para os dois sistemas de manejo.

Tabela 3. Número de amostras necessárias para estimar o valor médio para pH do solo em sistema plantio direto e convencional.

VARIACÃOEM TORNO DA MÉDIA	PLANTIO DIRETO	PLANTIO CONVENCIONAL
	DADOS ORIGINAIS	DADOS ORIGINAIS
5%	4,96	21,07
10%	1,24	5,27
20%	0,31	1,32
30%	0,14	0,59

A análise geoestatística para o atributo químico pH do solo mostrou que os resultados apresentaram efeito pepita puro no sistema plantio direto e dependência espacial, caracterizada por um modelo esférico de semivariograma no sistema convencional (Tabela 4).

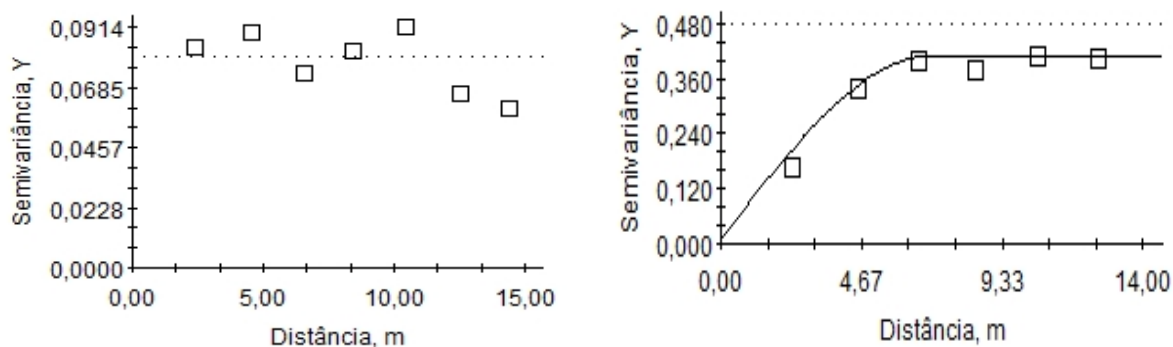
Tabela 4. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para o pH do solo em sistema de plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia.

VARIÁVEL	MODELO	C_0	$C_0 + C_1$	a (m)	$C_0/(C_0 + C_1)$	GD (%)
PLANTIO DIRETO						
K_0 (cm h ⁻¹)	EPP	-	-	-	-	-
PLANTIO CONVENCIONAL						
K_0 (cm h ⁻¹)	Esférico	0,01	0,41	7	0,024	2,4

EPP – Efeito pepita puro, C_0 – Efeito Pepita, a – Alcance, $C_0 + C_1$ – Patamar, a – Alcance, GD – Grau de Dependência espacial.

Os semivariogramas experimentais correspondentes ao pH do solo sob plantio direto e plantio convencional são apresentados na Figura 4. O melhor modelo ajustado no sistema plantio foi efeito pepita puro, resultado contrário foi observado por Cavalcante et al. (2007) para este sistema, que, estudando a variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos observaram que o modelo que melhor ajustou-se para o pH no plantio direto foi o esférico. Para o plantio convencional o melhor modelo ajustado foi o

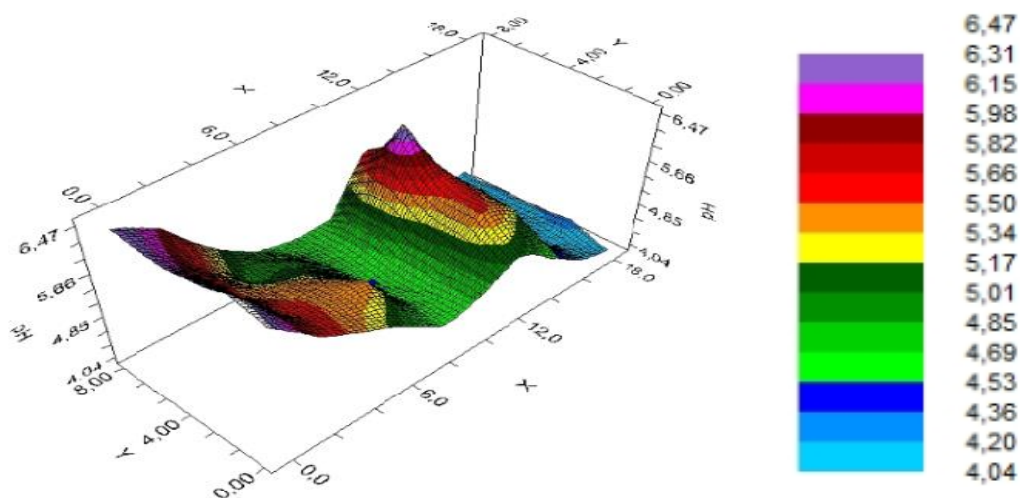
esférico corroborando com os mesmos resultados encontrados por Cavalcante et al. (2007). O alcance encontrado no plantio convencional foi 7 metros e a relação $C_0/(C_0+C_1)$ mostrou grau de dependência espacial forte com valores de 2,4% (Tabela 4).



(a) (b)
Figura 3. Semivariogramas do atributo pH do solo sob plantio direto (a) e sob plantio convencional (b) no Recôncavo da Bahia.

Na Figura 5 encontra-se o mapa de krigagem do pH do solo sob plantio convencional que mostra os valores estimados para locais não amostrados. Pode-se observar que os valores de pH predominantes na área variam entre 5,17 e 4,53.

Figura 4. Mapa de Krigagem do atributo pH do solo em sistema convencional no Recôncavo da Bahia.



3.2. CTC_{efetiva} do Solo

Na Tabela 5, mostra-se a estatística descritiva para a CTC_{efetiva} do solo. Utilizando-se a metodologia proposta por Libardi et al. (1986) foram encontrados valores extremos no sistema convencional.

Tabela 5. Estatística descritiva da densidade do solo em sistema plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia.

	VALORES ORIGINAIS		SEM VALORES EXTREMOS
	PD	PC	PC
OBSERVAÇÕES	50	50	49
MEDIA (mmol_cdm⁻³)	44,70	42,22	42,05
MEDIANA (mmol_cdm⁻³)	44,62	41,75	41,57
CV (%)	7,17	8,01	7,62
ASSIMETRIA	0,47	0,48	0,38
CURTOSE	0,19	-0,20	-0,32
1º QUARTIL	41,67	39,63	39,63
3º QUARTIL	47,16	43,93	43,91
MAX	54,00	50,38	49,47
MIN	38,51	35,33	35,33
TESTE P<W	0,289 (N)	0,337 (N)	0,496 (N)
VALORES EXTREMOS	0	1	-

PD = plantio direto; PC= plantio convencional; P < W = resultados do teste de normalidade de Shapiro & Wilk (5%)

Os dados da CTC_{efetiva} das duas áreas estudadas apresentaram valores de média e mediana muito próximos (Tabela 5), podendo ser um indicativo de que as medidas de tendência central não são dominadas por valores atípicos

na distribuição (CAMBARDELLA et al., 1994), demonstrando que os dados estão adequados para a aplicação da geoestatística. A assimetria foi positiva tanto no plantio direto quanto no plantio convencional com valores de 0,47 e 0,48, respectivamente. A curtose no sistema sob plantio direto foi de 0,19 e leptocúrtica e no sistema sob plantio convencional foi de -0,20 e platicúrtica, indicando que as distribuições foram aproximadamente simétricas e normais, podendo ser confirmado pela reta de Henry, blox-plot (Figuras 5 e 6) e teste Shapiro Wilk (W) (Tabela 5).

Os valores dos coeficientes de variação foram próximos e classificados como baixos (Warrick & Nielsen, 1980) nos dois sistemas de manejo. Para este atributo verificou-se a presença de valores extremos apenas no plantio convencional, cuja remoção não resultou em importantes mudanças nas características estatísticas dos dados (Tabela 5).

Observa-se que a $CTC_{efetiva}$, no plantio direto, apresentou valor médio de $44,70 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, com valor mínimo de $38,51 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e máximo de $54,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e que 75% dos valores ficaram acima de $41,67 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. No plantio convencional o valor médio encontrado foi de $42,22 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, com valor máximo de $50,38 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e mínimo de $35,33 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, observando-se ainda que 75% das medidas apresentaram-se maiores que $39,63 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Nas duas áreas estudadas as médias encontradas e os valores predominantes (75%) foram classificados como média $CTC_{efetiva}$ de acordo com Ribeiro et al. (1999).

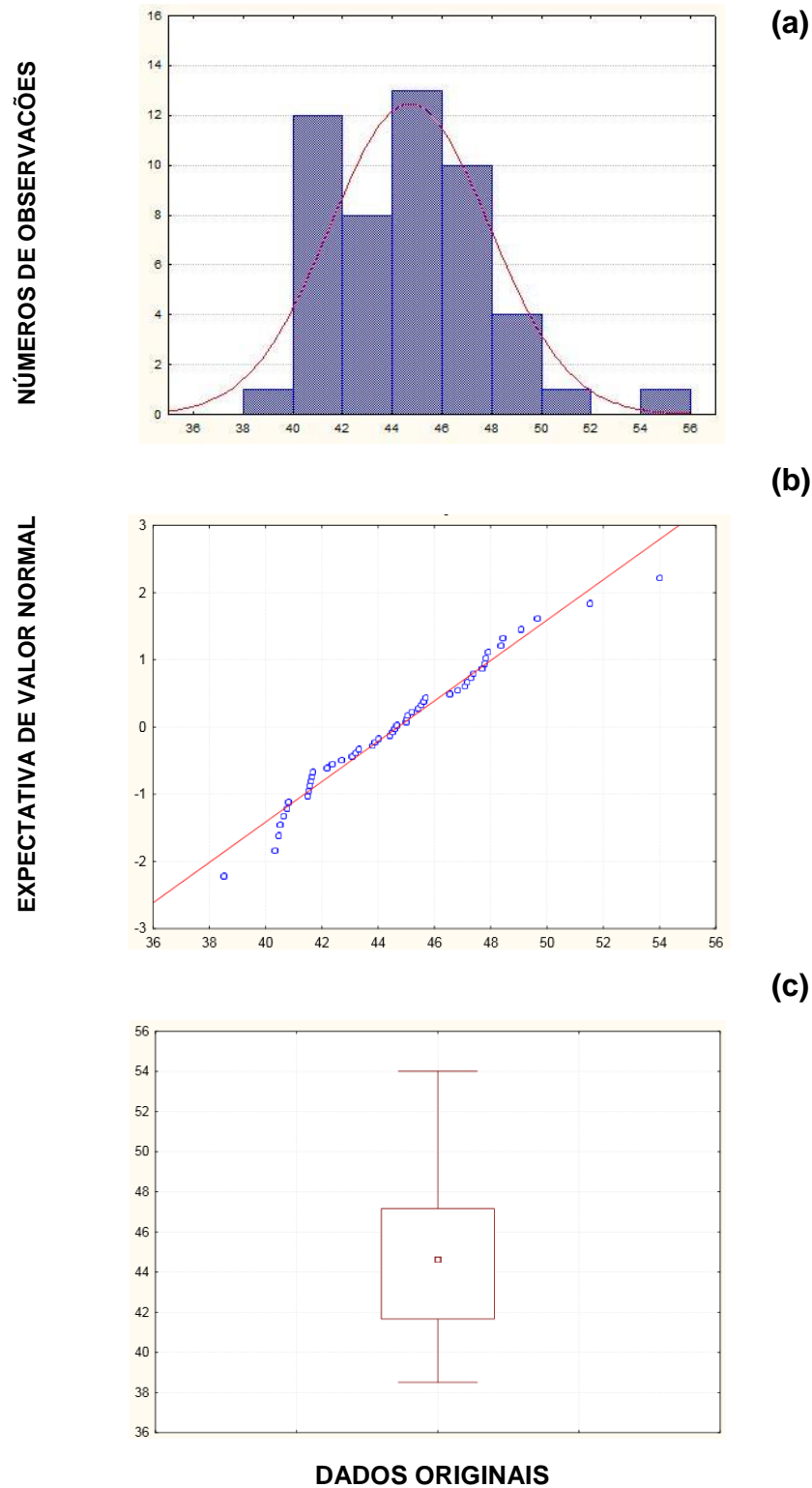


Figura 5. Histograma de frequência (a), reta de probabilidade de Henry (b) e gráfico “box-plot” (c), para $CTC_{efetiva}$ do solo no plantio direto.

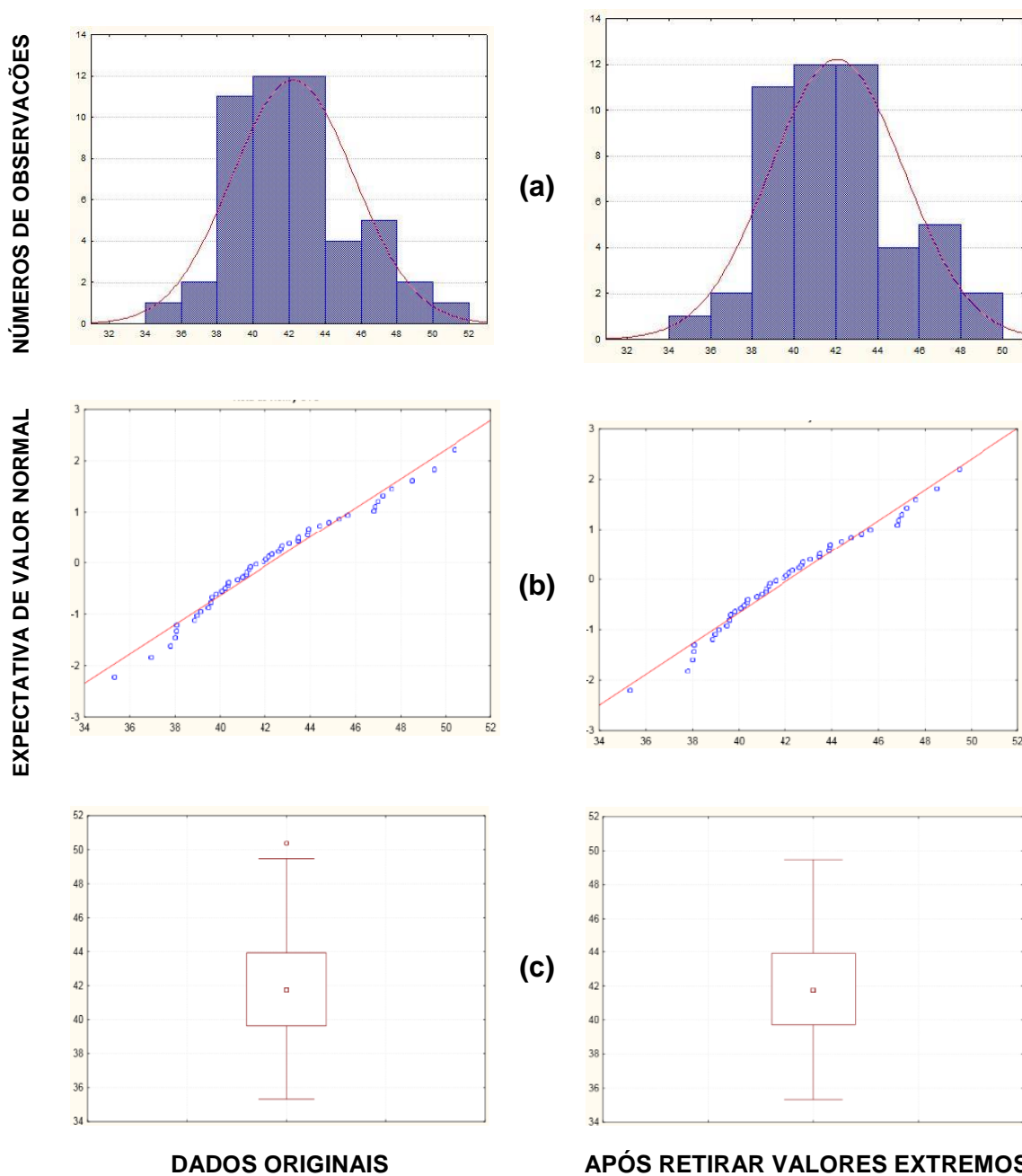


Figura 6. Histogramas de frequência (a), retas de probabilidade de Henry (b) e gráfico “box-plot” (c), para $CTC_{efetiva}$ do solo no plantio convencional.

A metodologia de Santos & Vasconcelos (1987) foi aplicada para estimar o número de amostras necessárias para determinar a média da $CTC_{efetiva}$ nos dois sistemas de manejo e servir de subsídio para um futuro experimento na mesma área e nas mesmas condições, cujos resultados estão na tabela 6.

Os dados mostram que nos dois sistemas são necessárias praticamente o mesmo número de amostras para representar a média do atributo $CTC_{efetiva}$

do solo, diferindo apenas no nível a 5% onde a quantidade de amostras necessárias é de aproximadamente 6 amostras para o plantio direto, 8 para o plantio convencional e 7 após a retirada dos valores extremos no sistema sob plantio convencional.

Tabela 6. Número de amostras necessárias para estimar o valor médio para $CTC_{efetiva}$ do solo em sistema plantio direto e convencional.

VARIACÃOEM TORNO DA MÉDIA	PLANTIO DIRETO		PLANTIO CONVENCIONAL	
	DADOS ORIGINAIS	DADOS ORIGINAIS	APÓS RETIRADA DOS VALORES EXTREMOS	
5%	5,80	7,25	6,55	
10%	1,45	1,81	1,64	
20%	0,36	0,45	0,41	
30%	0,16	0,20	0,18	

Os resultados da análise geoestatística (Tabela 7) mostraram que a $CTC_{efetiva}$ apresentou dependência espacial nas duas áreas estudadas.

Tabela 7. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para a $CTC_{efetiva}$ em sistema de plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia.

VARIÁVEL	MODELO	C_0	$C_0 + C_1$	a (m)	$C_0/(C_0 + C_1)$	GD (%)
PLANTIO DIRETO						
$CTC_{efetiva}$ ($mmol_c dm^{-3}$)	Esférico	5,5	10,26	6	0,53	53
PLANTIO CONVENCIONAL						
$CTC_{efetiva}$ ($mmol_c dm^{-3}$)	Esférico	4	11,44	6	0,35	35

C_0 – Efeito Pepita, a – Alcance, $C_0 + C_1$ – Patamar, a – Alcance, GD – Grau de Dependência espacial.

A $CTC_{efetiva}$ ajustou-se melhor ao modelo esférico nos dois sistemas de manejo, o mesmo não foi encontrado por Ribeiro et al. (2008) avaliando a variabilidade espacial de características químicas do solo em pomar de videira. O alcance em ambos os sistemas foi de 6 metros (Tabela 7). O alcance é de importância fundamental para a interpretação dos semivariogramas, indicando a distância até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si (VIEIRA, 1997), ou seja, os pontos localizados em uma área cujo raio seja o

alcance são mais semelhantes entre si do que os separados por distâncias maiores. A relação $C_0/(C_0+C_1)$ mostrou grau de dependência espacial moderado para os dois sistemas avaliados (Tabela 8).

Os modelos de semivariogramas experimentais correspondentes a $CTC_{efetiva}$ sob plantio e sob plantio convencional são apresentados na Figura 7.

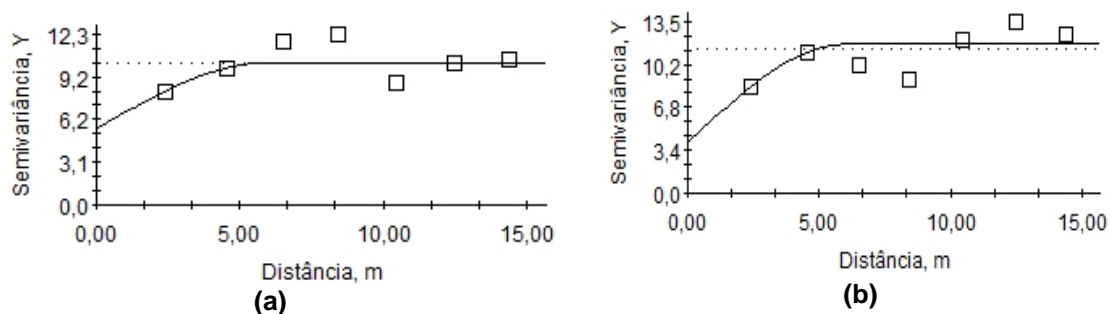
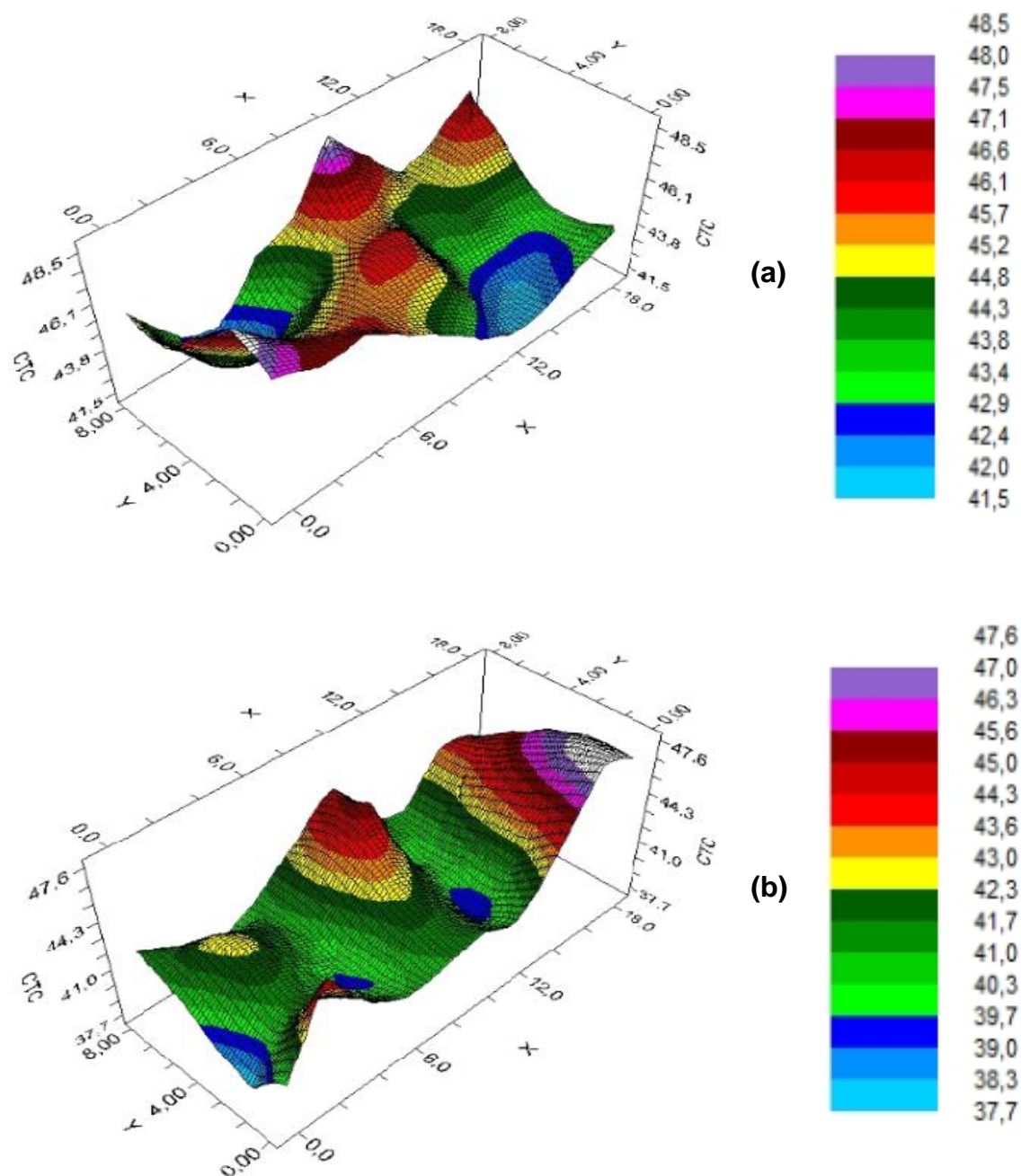


Figura 7. Semivariogramas do atributo $CTC_{efetiva}$ do solo sob plantio direto (a) e sob plantio convencional (b) no Recôncavo da Bahia.

A Figura 8 apresenta o mapa de krigagem e valores estimados para pontos não amostrados da $CTC_{efetiva}$ sob os dois sistemas de manejos. Observa-se que no plantio direto os valores estimados foram classificados como médio e muito bom (RIBEIRO et al., 1999) indicando assim a influência do manejo neste atributo.

Figura 8. Mapas de Krigagem da CTC_{efetiva} do solo em sistema de plantio direto (a) e sistema convencional (b) no Recôncavo da Bahia.



3.3. Matéria Orgânica do Solo (MOS)

Os resultados estão apresentados na Tabela 8. Foram encontrados valores extremos para os dados analisados neste atributo no sistema de plantio convencional segundo a metodologia proposta por Libardi et al. (1986).

Tabela 8. Estatística descritiva da matéria orgânica do solo em sistema plantio direto e convencional no Recôncavo da Bahia.

	VALORES ORIGINAIS		SEM VALORES EXTREMOS
	PD	PC	PC
OBSERVAÇÕES	50	50	47
MEDIA (g dm⁻³)	14,95	10,33	10,06
MEDIANA (g dm⁻³)	14,86	9,96	9,85
CV (%)	14,46	15,40	12,01
ASSIMETRIA	0,10	1,14	0,52
CURTOSE	-0,48	1,40	0,05
1º QUARTIL	13,42	9,22	9,22
3º QUARTIL	16,66	10,92	10,81
MAX	19,55	15,19	12,98
MIN	10,49	7,97	7,97
TESTE P<W	0,655 (N)	0,002 (nN)	0,169 (N)
VALORES EXTREMOS	0	3	-

PD = plantio direto; PC= plantio convencional; P < W = resultados do teste de normalidade de Shapiro & Wilk (5%)

Os valores de média e mediana foram próximos (Tabela 8), apresentando assimetria positiva nos dois sistemas de manejo, com o valor 0,10 no plantio direto e 1,14 no plantio convencional. Neste último sistema

mesmo com a retirada dos valores extremos o coeficiente de assimetria permaneceu positivo com valor de 0,52. O coeficiente de curtose foi de -0,48 e platicúrtico no plantio direto e 1,40 e leptocúrtico no plantio convencional, indicando que a distribuição foi aproximadamente simétrica e normal no sistema sob plantio direto e não normal no sistema sob plantio convencional, sendo as médias não representativas do conjunto de dados e podendo ser confirmado pela reta de Henry, blox-plot (Figuras 9 e 10) e teste Shapiro Wilk (W) (Tabela 8).

O coeficiente de variação para o atributo M.O.S. no plantio direto foi de 14,46% e no convencional 15,40%, sendo classificados como médios segundo Warrick & Nielson (1980). Valores próximos foram encontrados por Cavalcante et al. (2007) estudando a variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos, 12,4% no plantio direto e 14,6% no plantio convencional.

De modo geral, a retirada dos valores extremos no plantio convencional melhorou a qualidade dos dados da matéria orgânica do solo, principalmente no que diz respeito às medidas de dispersão e distribuição (Tabela 8). A média e mediana apresentaram valores mais próximos afetando os valores de assimetria e curtose, que foram reduzidos, observa-se também que ocorreu uma diminuição no coeficiente de variação, a amplitude total foi reduzida e a distribuição dos dados foi normal.

Nos dados originais da matéria orgânica do solo (Tabela 8), os valores encontrados para máximo e mínimo no manejo sob plantio direto foi de 19,55 g dm⁻³ e 10,49 g dm⁻³ e para o plantio convencional valores de 15,19 g dm⁻³ e 7,97 g dm⁻³, respectivamente, mostrando que ocorreu maior variação entre os pontos amostrados no sistema de plantio convencional, observa-se também 75% dos valores apresentaram-se maiores que 13,42 g dm⁻³ no plantio direto e 9,22 g dm⁻³ no plantio convencional.

Quando comparamos os dois sistemas de manejo, plantio direto e convencional, observa-se (Tabela 8) que o plantio direto apresentou maior valor médio de matéria orgânica do solo, 14,95 g dm⁻³, e foi classificado como faixa próxima da média de acordo com a Comissão Estadual de Fertilidade do Solo - Salvador, BA (1989). Isto é explicado pela melhoria dos atributos do solo proporcionada pela utilização de cobertura no solo utilização neste sistema.

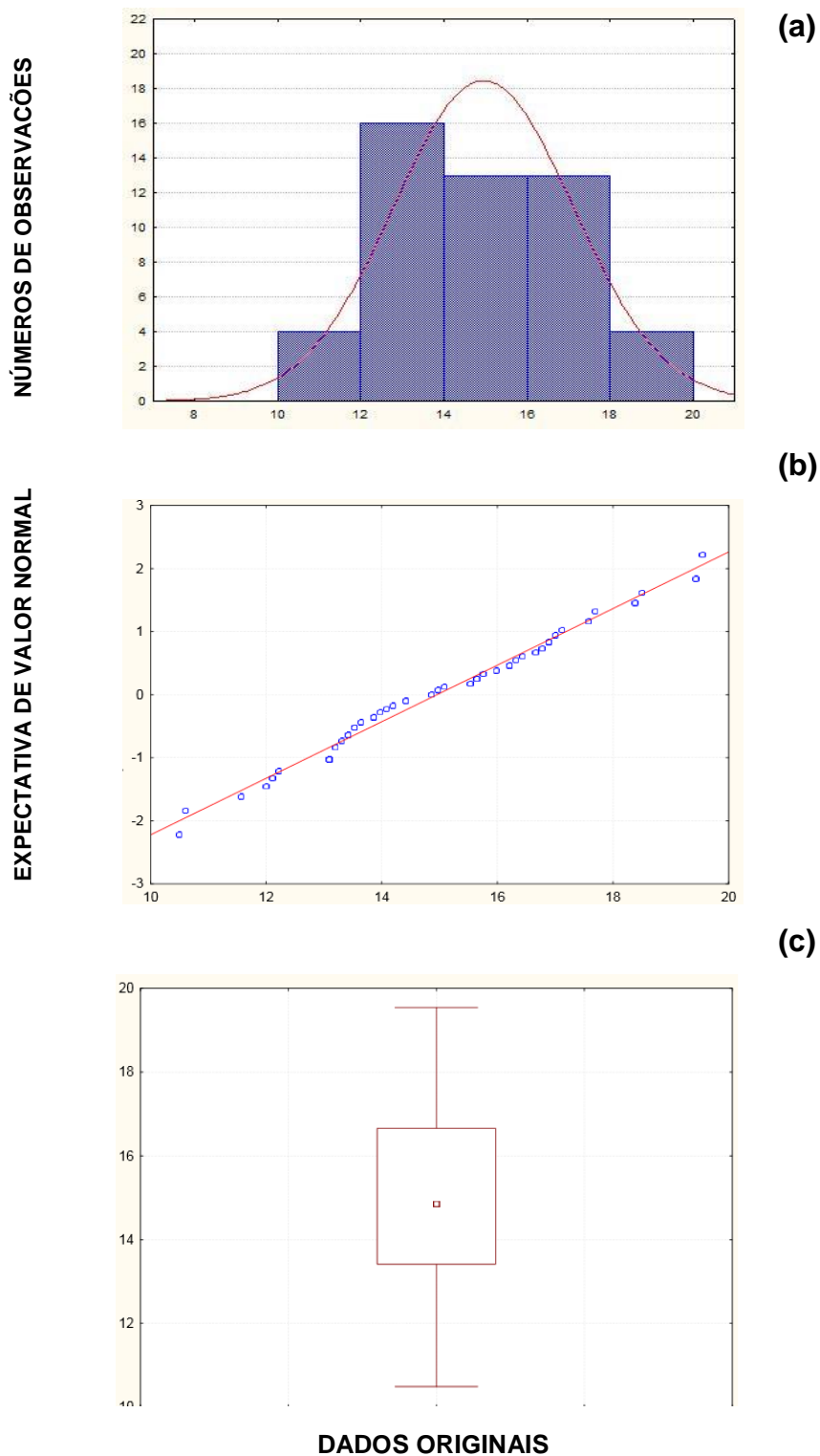


Figura 9. Histograma de frequência (a), reta de probabilidade de Henry (b) e gráfico “box-plot” (c), para matéria orgânica do solo no plantio direto.

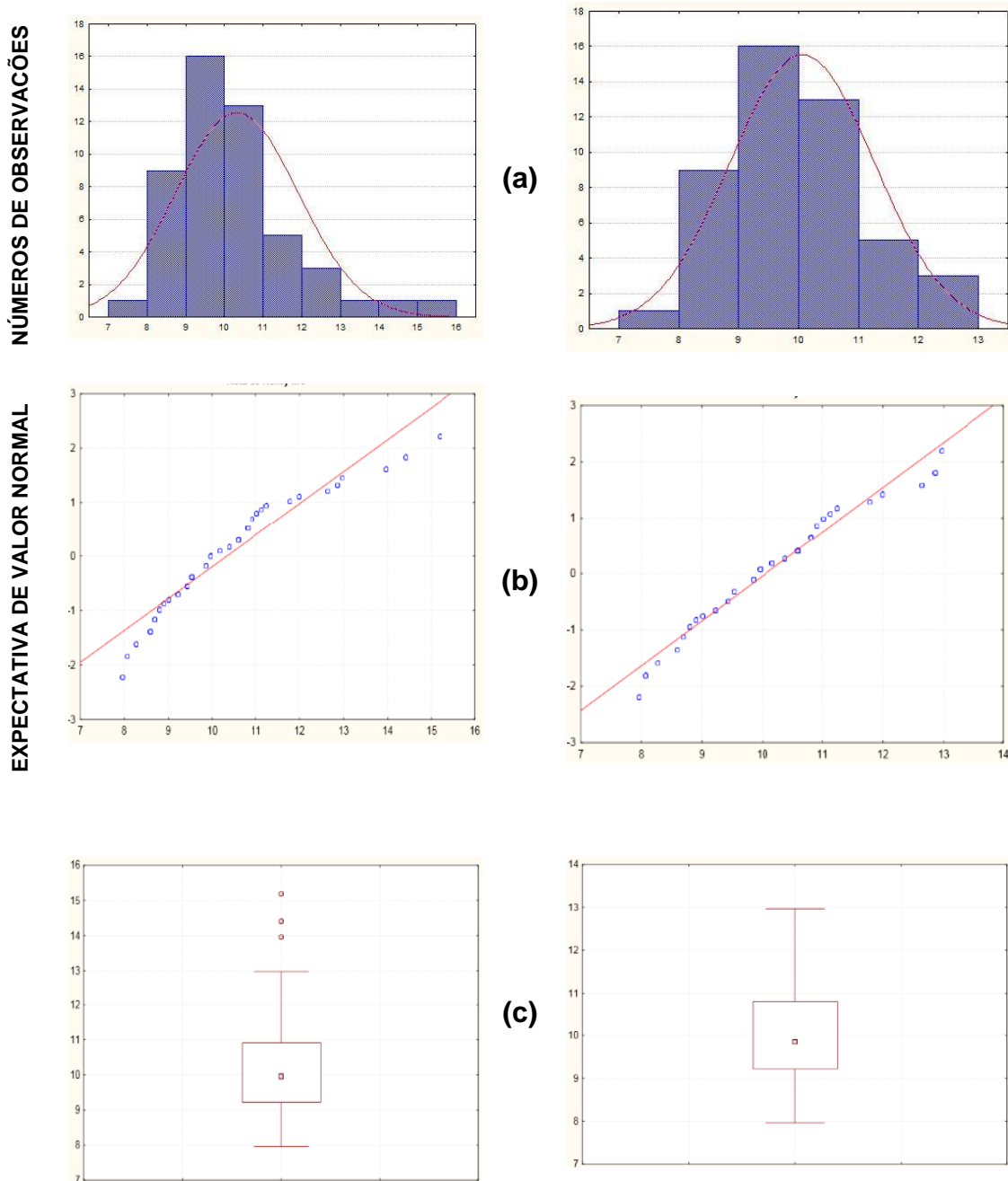


Figura 10. Histogramas de frequência (a), retas de probabilidade de Henry (b) e gráfico “box-plot” (c), para matéria orgânica do solo no plantio convencional.

A quantificação do número de amostras necessárias para representar o valor médio deste atributo foi obtida através do modelo matemático mais utilizado e descrito por Santos & Vasconcelos (1987).

Os dados da Tabela 9 mostram que no plantio direto é necessário um

número menor de amostras para representar a média do atributo matéria orgânica do solo ao comparar com o plantio convencional. A maior quantidade de amostra está associada a valores de variação de 5% e 10%, sendo necessária aproximadamente 24 e 6 amostras no plantio direto e 27 e 7 amostras no plantio convencional, porém, com uma variação de 20% e 30% em torno da média o número de amostras necessárias é de aproximadamente duas e uma para os dois sistemas de manejo.

Tabela 9. Número de amostras necessárias para estimar o valor médio para matéria orgânica do solo em sistema plantio direto e convencional.

VARIACÃO EM TORNO DA MÉDIA	PLANTIO DIRETO		PLANTIO CONVENCIONAL	
	DADOS ORIGINAIS	DADOS ORIGINAIS	DADOS ORIGINAIS	APÓS RETIRADA DOS VALORES EXTREMOS
5%	23,62	26,79	16,27	
10%	5,91	6,70	4,07	
20%	1,48	1,67	1,02	
30%	0,66	0,74	0,45	

No estudo da variabilidade espacial para a matéria orgânica do solo, foi observada ausência de dependência espacial (Figura 11). O modelo apropriado para descrever o comportamento espacial dessa variável foi o modelo de efeito pepita puro. Nota-se que as semivariâncias experimentais estão em torno da linha paralela ao eixo x, portanto, a distribuição espacial da matéria orgânica do solo nestas duas áreas experimentais é aleatória e as amostras são independentes.

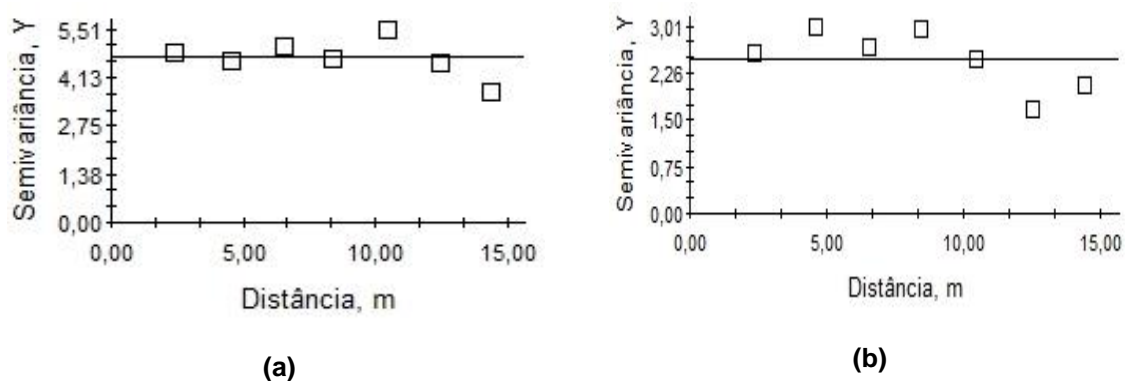


Figura 11. Semivariogramas do atributo matéria orgânica do solo sob plantio direto (a) e sob plantio convencional (b) no Recôncavo da Bahia.

4. CONCLUSÃO

1. A acidez ativa do solo apresentou distribuição normal no plantio direto e não normal no plantio convencional, efeito pepita puro no sistema plantio direto e forte grau de dependência espacial no sistema convencional.
2. Nos dois sistemas de manejos a $CTC_{efetiva}$ apresentou distribuição normal e moderado grau de dependência espacial.
3. A matéria orgânica do solo apresentou distribuição normal no plantio direto e não normal no plantio convencional e os dois sistemas de manejos apresentaram efeito pepita puro.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, O.A. Informações meteorológicas do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas: EMBRAPA/CNPMPF, 1999. 35 p.

ALVAREZ, V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, A.C.; SOUZA, R.B. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG; 1999. p.67-78.

ARAGÃO, J.I.O. Plantas de cobertura e dinâmica do carbono orgânico do solo nas condições edafoclimáticas do Recôncavo da Bahia [Dissertação]. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – URFB; 2015.

ARTHUR, A.G., OLIVEIRA, D.P., COSTA, M.C.G., ROMERO, R.E., SILVA, M.V.C., FERREIRA, T.O. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambienta**. 2014; 18:141-149.

BOTTEGA, E.L., QUEIROZ, D.M., PINTO, F.A.C., SOUZA, C.M.A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agrônômica**. 2013; 44:1-9.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F. & KONOPKA, A.E. Field-scale variability of properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**. 1994; 58:1501 – 1511.

CARVALHO, J.R.P.; SILVEIRA, P.M.; VIEIRA, S.R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2002; 37:1151-1159.

CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z.M. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**. 2007; 37: 394-400.

CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos químico do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 2007; 31:1329-1339.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO (Salvador, BA). **Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia**. 2.ed. rev. aum. Salvador: CEPLAC/EMATER-BA/EMBRAPA/ EPABA/NITROFÉRTIL, 1989. 173 p.

DALCHIAVON, F.C., PASSOS E CARVALHO, M., ANDREOTTI, M., MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agronômica**. 2012; 43:453-461.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa informação tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS, Cruz das Almas, 1996. Pesquisa e desenvolvimento para os Tabuleiros Costeiros; anais. Aracaju: EMBRAPA, CPATC; EMBRAPA, CNPMF; EAUFBA; IGUFBA, 1996. p.13-24.

LIBARDI, P. L.; PREVEDELLO, C. L.; PAULETTO, E. A.; MORAES, S. O. Variabilidade espacial da umidade, textura e densidade de partículas ao longo de uma transeção. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 1986; 10: 85-90.

LIMA, J.S.S., SILVA, S.S., SILVA, J.M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**. 2013; 44:16-23.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RESENDE, J.M.A., MARQUES JÚNIOR, J., MARTINS FILHO, M.V., DANTAS, J.S., SIQUEIRA, D.S., TEIXEIRA, D.D.B. Variabilidade espacial de atributos de solos coesos do Leste Maranhense. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 2014; 38:1077-1090.

REZENDE, J.O. Solos coesos dos tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo. Salvador, SEAGRI-SPA, 2000. 117p. (Série Estudos Agrícolas, 1) Carvalho JRP, Silveira PM, Vieira, SR. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesq. Agropec. Bras.*, 2002;37:1151-1159.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**:

5a aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p1-359.

RIBEIRO, P. R. de A. MENDES, A. M. S. SILVA, D. J. BASSOI, L. H. Variabilidade espacial de características químicas do solo em pomar de videira. In: Anais de congresso – Jornada de iniciação científica da Embrapa Semiárido, janeiro 2008; Petrolina – Brasil. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. p 166-170.

ROBERTSON, G.P. GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.

SANTOS, H.G. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SANTOS, H.L. & VASCONCELOS, C.A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 1987; 11:97-100.

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

SOUZA, L.S., COGO, N.P., VIEIRA, S.R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 1998; 22:77-86.

VIEIRA, S.R., DECHEN, S.C.F., SIQUEIRA, G.M., DUFRANC, G. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos relacionados com o estado de agregação de dois Latossolos cultivados no sistema de semeadura direta. **Bragantia**. 2011;70: 185-195.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLED, D. (Ed). **Application of soil physics**. New York: Academic Press; 1980. p.319-344.

ZANÃO JÚNIOR, L.A., LANA, R.M.Q., GUIMARÃES, E.C., PEREIRA, J.M.A. Variabilidade espacial dos teores de macronutrientes em Latossolos sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 2010;34:389-400.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da variabilidade espacial dos atributos do solo através da geoestatística, utilizando a técnica da krigagem, mostrou-se eficiente na geração de informações do comportamento dos atributos estudados em relação ao sistema de manejo permitindo representar quantitativamente sua variação no espaço.

A Utilização de várias informações cruzadas, como mapas de atributos físicos e químicos do solo, características das culturas, sistema de manejo, climatologia, entre outras características, espera-se que a variabilidade espacial contribua com o melhor aproveitamento do solo e da água e com as decisões agrícolas a serem tomadas.

O presente estudo objetivou em avaliar e comparar a variabilidade espacial de apenas seis dos vários atributos de qualidade do solo sob sistemas plantio direto e plantio convencional, porém, os resultados mostraram que para melhor compreender o comportamento do solo faz-se necessário o estudo de mais atributos.

Vale salientar a importância da realização de estudos futuros que relacionem a variabilidade espacial de outros atributos químicos e físicos do solo, com infiltração de água, granulometria, entre outros em relação ao sistema de manejo.