



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO NO PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTO DE CAMPO

Adilson Luís Bamberg⁽¹⁾; Carlos Augusto Posser Silveira⁽²⁾; Luis Henrique Gularte Ferreira⁽³⁾; Ricardo Milech⁽⁴⁾; Guilherme Krüger Bartels⁽⁵⁾; Eloy Antonio Pauletto⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Pesquisador Visitante do Projeto Xisto Agrícola, convênio Fapeg - Embrapa - Petrobras. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas. Caixa Postal 403, CEP: 96010-971, Pelotas, RS. E-mail: adillbamberg@hotmail.com; ⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS; ⁽³⁾ Professor do IFRS, Campus de Bento Gonçalves, RS; ⁽⁴⁾ Graduando em Agronomia da UFPel, Pelotas, RS, bolsista do Projeto Xisto Agrícola, convênio Fapeg - Embrapa - Petrobras; ⁽⁵⁾ Graduando em Agronomia da UFPel, Pelotas, RS, bolsista PIBIC; ⁽⁶⁾ Professor do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFPel.

Resumo – A resistência mecânica do solo à penetração (RP) tende a variar consideravelmente no espaço, podendo afetar os resultados de uma determinada variável resposta em experimentos de campo. Em um experimento de campo cultivado com cana-de-açúcar buscou-se identificar a estrutura e as causas da variabilidade espacial da RP em diferentes camadas do solo até 40 cm de profundidade. Determinações da resistência mecânica do solo à penetração foram realizadas com penetrógrafo Solotrack[®] dotado de datalogger para armazenamento dos dados, numa malha regular de 253 pontos espaçados de 4m, demarcada sobre um experimento cultivado com cana-de-açúcar em Capão do Leão, RS. Os dados foram agrupados em camadas de 5 cm, verificando-se a dependência espacial pelos respectivos semivariogramas experimentais calculados e construídos com o software GS+ v. 7.0. A interpolação dos dados e geração dos mapas de contorno foram realizadas pelo método da Krigagem por pontos através do Software Surfer.v.8.0. Os dados de RP foram agrupados em 3 níveis de compactação: baixo (<2,5 MPa); médio (RP entre 2,5 e 5,0 MPa); alto (RP maior que 5,0 MPa). Atividades humanas, mesmo que executadas há mais de 50 anos, foram identificadas como sendo as responsáveis por níveis mais altos de compactação encontrados nas camadas de 21-25 cm, 26-30 cm e 31-35 cm da área experimental. Uma identificação prévia da variabilidade espacial das propriedades do solo por meio da análise geoestatística possibilita orientar a locação de blocos e parcelas mais eficiente, melhorando o controle do erro experimental em experimentos de campo.

Palavras-Chave: planejamento de experimentos; variabilidade espacial; resistência mecânica do solo à penetração.

INTRODUÇÃO

Muitos são os fatores que devem ser levados em conta durante o planejamento de um experimento de campo. Dentre eles destaca-se a heterogeneidade do solo, pois, apesar de ser possível de ser controlada,

geralmente é a que mais prejudica a precisão de um experimento (Gomez e Gomez, 1984). A parcela, unidade básica do experimento, deve ser capaz de reduzir ao máximo o efeito da heterogeneidade ambiental e a variabilidade genética do material experimental. Segundo Alves e Seraphin (2004), o tamanho das parcelas é geralmente adotado tomando-se por base apenas a literatura, que apresenta propostas de parcelas que levam em consideração peculiaridades da região onde o experimento é conduzido.

A utilização de delineamentos experimentais em blocos é uma forma amplamente utilizada para realizar o controle local da variabilidade espacial das propriedades do solo sobre a variação das variáveis respostas. A heterogeneidade do solo afeta a precisão de um experimento, sendo o principal fator que deve ser tomado em consideração na escolha do delineamento experimental e na locação dos blocos de experimentos de campo. Mesmo assim, a etapa da análise e caracterização prévia dessa variabilidade para orientar a melhor disposição dos blocos é muitas vezes ignorada.

Segundo Grego e Vieira (2005) o conhecimento da variabilidade das propriedades do solo e das culturas, no espaço e no tempo também é considerado essencial para o manejo preciso das áreas agrícolas, qualquer que seja sua escala. Silva et al. (2008) relatam que o uso de métodos estatísticos que consideram a variabilidade espacial contribuem para mostrar que tanto a variabilidade natural quanto o manejo do solo antecedente influenciam na estrutura de variabilidade dos atributos físicos do solo.

A resistência mecânica do solo à penetração (RP) é um dos atributos físicos do solo que influencia o crescimento de raízes e serve como base à avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (Tormena e Roloff, 1996). Silva et al. (2002) relatam que valores de RP acima de 2 MPa associam-se a condições impeditivas para o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas. A variabilidade espacial, tanto horizontal quanto vertical de diversas propriedades do solo como a da RP é dependente de fatores de formação do solo e fatores relacionados com o manejo do solo (Souza et al., 2001).

Souza et al. (2009) em um estudo sobre a variabilidade espacial de atributos físicos (resistência do solo à

penetração, entre outros) e teor de matéria orgânica de um Latossolo Vermelho distrófico e de Latossolo Vermelho eutrófico nas profundidades de 0,0-0,2m e 0,2-0,4m, em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar, mostrou que todas as variáveis apresentaram dependência espacial em ambas as profundidades.

O objetivo deste trabalho foi identificar a estrutura e as causas da variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em diferentes camadas do solo até 40 cm em experimento de campo cultivado com cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação da resistência mecânica do solo à penetração (RP) foi realizada em um experimento instalado com o objetivo de avaliar a eficiência agrônoma de subprodutos da mineração do xisto sobre a produtividade de duas variedades de cana-de-açúcar, num delineamento de tratamentos casualizados em blocos que vem sendo conduzido na Estação Experimental de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado desde 2009 (31°49'04"S 52°26'14"W). O solo da área experimental foi classificado conforme a classificação proposta por Embrapa (2006) como sendo um PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico Arênico.

Sobre a área experimental foi constituída uma malha regular de 253 pontos dispostos de forma equidistante, com separação de 4 metros. As determinações foram realizadas entre os dias 09 e 10 de outubro de 2010 com um penetrógrafo de inserção constante da haste e do cone, denominado de SoloTrack® e fabricado pela Falker Automação Agrícola. O conteúdo de água no solo foi determinado pelo método gravimétrico, conforme descrito em Embrapa (1997), em 8 diferentes pontos escolhidos aleatoriamente na área experimental das camadas de 0-10; 10-20 e 20-40 cm. Adicionalmente, foram determinadas a Porosidade Total, Macroporosidade, Microporosidade e a Densidade do Solo nas mesmas camadas (Tabela 1).

Os dados de RP foram obtidos a partir da camada de 0 a 40 cm com resolução vertical de 1 cm. Para facilitar a análise, procedeu-se o agrupamento dos dados em camadas de 5 cm de espessura, obtendo-se para cada ponto amostral a média de 5 valores para cada camada. Os dados da malha de cada camada foram submetidos a uma análise da normalidade de variância e verificação da dependência espacial pelos respectivos semivariogramas experimentais calculados e construídos com o software GS+ v. 7.0. A interpolação dos dados e geração dos mapas de contorno foram realizadas pelo método da Krigagem por pontos através do Software Surfer.v.8.0. Os dados de RP foram agrupados em 3 níveis de compactação: a) *baixo*, quando os valores de RP foram inferiores a 2,5 MPa; b) *médio*, quando os valores de RP situaram-se entre 2,5 e 5,0 MPa; e c) *alto*, quando os valores de RP foram maiores que 5,0 MPa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas de contorno das camadas de 11-15; 16-

20; 21-25; 26-30; 31-35 e 36-40 cm são apresentados na Figura 1 e Figura 2. De acordo com as faixas de profundidade estudadas, pode ser verificado que as camadas de 21-25 cm, 26-30 cm e 31-35 cm apresentaram as maiores áreas com os níveis médios e altos de compactação (Fig. 1-C; Fig. 2-A e Fig. 2-B). Na camada de 36-40 cm (Fig. 2-C), apesar de possuir algumas manchas que caracterizam os níveis de RP médio e alto, apresentou menor área com valores restritivos ao desenvolvimento radicular quando comparada com as 3 camadas subjacentes. Apesar de não ser notado o aumento do conteúdo de água no solo em função da profundidade nas determinações desse trabalho (Tabela 1), tal fato pode estar associado a maiores níveis de umidade do solo na camada de 36-40 cm, já que as determinações dessa variável não foram específicas para cada camada de 5 cm. Diferentemente, as camadas de 11-15 cm e 16-20 cm não apresentaram valores de RP enquadrados no nível alto de compactação (>5,0 MPa), enquanto que os mapas de 0-5 cm e de 6-10 cm apresentaram valores de RP situados somente no nível baixo (Fig. 1-A; Fig. 1-B) e, por isso, não foram apresentados.

Fazendo uma análise preliminar da variabilidade horizontal da RP bem como das possíveis causas de maiores valores de RP em determinadas locais da área experimental, podem ser levantadas duas hipóteses: a) de que as causas sejam naturais, ou seja, a variabilidade da RP é pré-existente e originada a partir de fatores naturais; b) de que as causas sejam de origem antrópica, ou seja, o manejo do solo em momentos anteriores provocou alterações importantes na estrutura do solo, resultando em supressão de macroporos e compactação. Através de relatos de pessoas que conhecem o histórico da região e da análise simples de imagens de satélite disponibilizadas pelo software Google Earth, pôde ser constatado que há cerca de 50 anos foi construído um poço de água e um canal para abrigar uma canalização que conduzia água ao prédio da Faculdade de Veterinária da UFPel. É importante ressaltar que os resquícios da construção desse canal são imperceptíveis em avaliações visuais da área experimental, sendo os mesmos somente perceptíveis após observações em imagens de satélite (Figura 3).

Essa análise mostra que mesmo após 50 anos, certas atividades antrópicas podem interferir significativamente na variabilidade das propriedades do solo, afetando a locação das parcelas e de blocos experimentais de experimentos. Recomenda-se aprimorar o planejamento de experimentos de campo através da utilização de ferramentas de análise espacial para identificar e caracterizar a variabilidade das propriedades do solo que podem acarretar em aumento do coeficiente de variação de uma variável resposta.

CONCLUSÕES

1. Foram identificadas zonas distintas de compactação na área experimental derivadas de atividades humanas.

2. Uma identificação prévia da variabilidade espacial das propriedades do solo por meio da análise geoestatística pode orientar a melhor localização e disposição de blocos e parcelas experimentais, melhorando o controle do erro experimental em experimentos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S.M.F.; SERAPHIN, J.C. Coeficiente de heterogeneidade do solo e tamanho de parcela. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 39:105-111, 2004.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 306p.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed., Rio de Janeiro, 212p.
- GOMEZ, K.A., GOMEZ, A.A. Statistical procedures for agricultural research. 2.ed. New York, John Wiley, 1984. 680p.
- GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 21:169-177, 2005.
- SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M.H.; MÜLLER, M.M.L.; FOLONI, J.S.S, ed. Qualidade física do solo: métodos de estudo-sistemas de preparo e manejo do solo. Jaboticabal, Funep, 2002. p. 1-18.
- SILVA, J.M.; LIMA, J.S.S.; PIRES, F.R.; ASSIS, R.L. Variabilidade espacial dos atributos físicos em um latossolo sob plantio direto e preparo convencional no cultivo da soja no cerrado. Revista de Ciências Agrárias, n. 50, p. 167-180, 2008.
- SOUZA, Z.M.; SILVA, M.L.S.; GUIMARÃES, G.L.; CAMPOS, D.T.S.; CARVALHO, M.P.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho Distrófico sob semeadura direta, em Selvíria, MS. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, p.699-707, 2001.
- SOUZA, Z. M.; JUNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T. Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. Ciência Rural, 40:48-56, 2009.
- TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 20:333-339, 1996.

Tabela 1: Atributos físicos da área experimental.

| Camada (cm) | PT (%) | DS (g.cm ⁻³) | MA (%) | MI (%) | UG (%) |
|-------------|--------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0-10 | 35.44 ± 0.53 | 1.58 ± 0.02 | 17.58 ± 0.64 | 17.86 ± 0.11 | 11.59 ± 1.74 |
| 10-20 | 30.80 ± 4.39 | 1.62 ± 0.09 | 13.71 ± 3.64 | 17.09 ± 0.78 | 11.73 ± 2.05 |
| 20-40 | 30.16 ± 4.19 | 1.66 ± 0.05 | 8.77 ± 0.67 | 21.39 ± 4.84 | 11.96 ± 1.10 |

PT = Porosidade Total; Ds = Densidade do Solo; Ma = Macroporosidade; MI = Microporosidade; UG = Umidade Gravimétrica.

Figura 1. Mapas de contorno da resistência mecânica do solo à penetração das camadas de 11-15; 16-20 e 21-25 cm de uma área experimental da Embrapa Clima Temperado, cultivada com cana-de-açúcar.

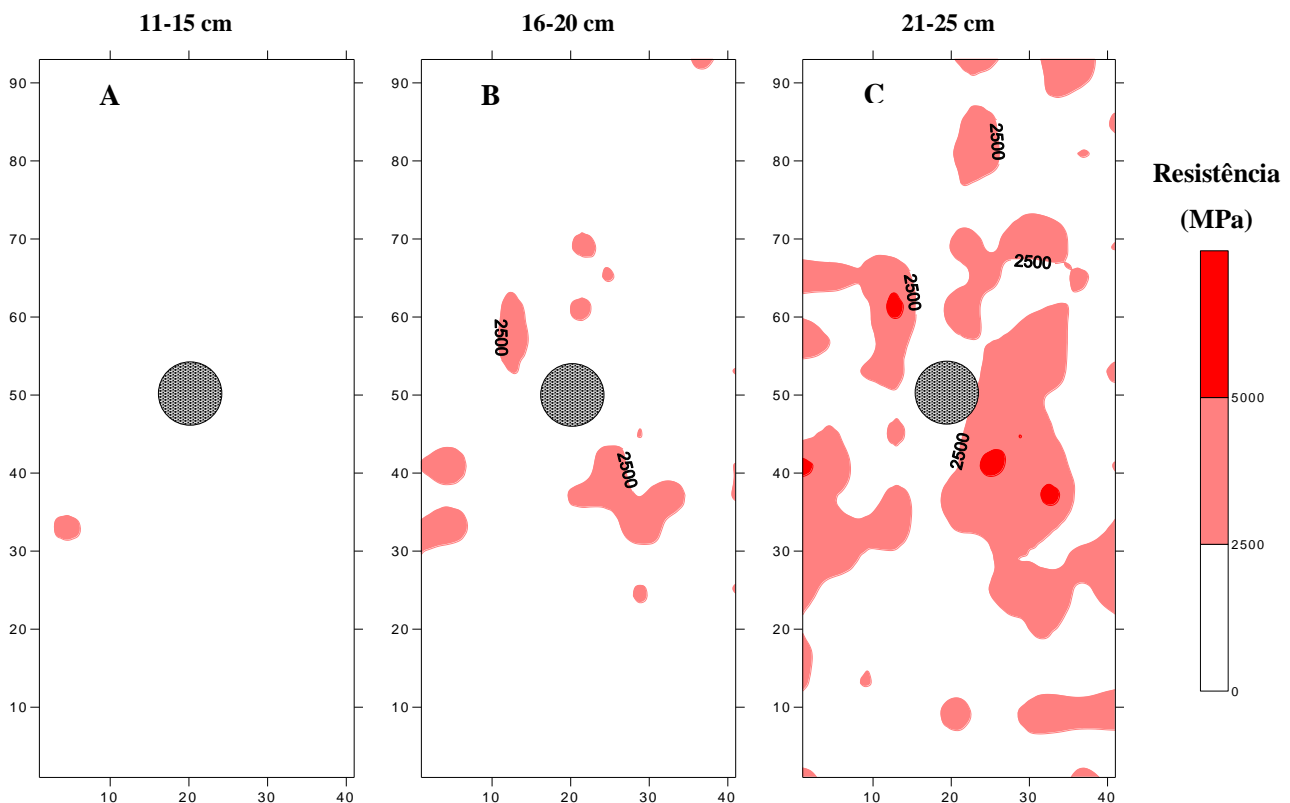


Figura 2. Mapas de contorno da resistência mecânica do solo à penetração das camadas de 26-30; 31-35 e 36-40 cm de uma área experimental da Embrapa Clima Temperado, cultivada com cana-de-açúcar.

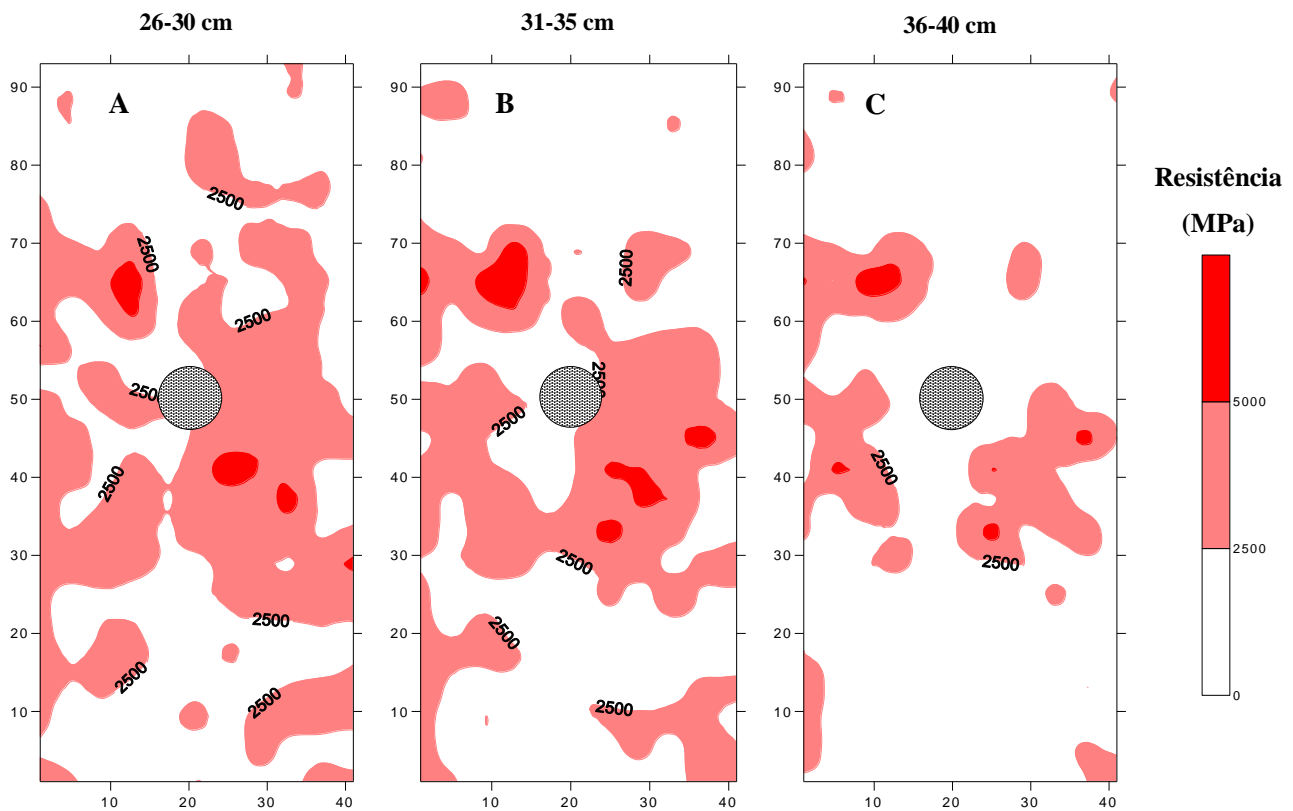


Figura 3: Imagem de satélite ilustrando a localização do experimento. O retângulo de linha cheia mostra a área experimental atual e o retângulo de linha pontilhada mostra onde o canal foi construído há cerca de 50 anos. Imagem obtida a partir do Software Google Earth em 05/03/2005. Altitude do ponto de visão: 600m.