

## ***Importância de atributos físicos do solo na identificação da compactação***

### ***Importance of soil physical attributes on identification of compaction***

Renato P. de Lima<sup>1</sup>, Anderson R. da Silva<sup>2</sup>, Jaqueline A. Raminelli<sup>3</sup>

**Resumo** - A compactação é influenciada por vários atributos físicos do solo e sua avaliação é baseada na condição atual em que se encontra o solo. O objetivo deste trabalho foi verificar a importância de cada atributo físico responsável pela compactação em área experimental de Latossolo Amarelo. O trabalho foi desenvolvido no município de Areia, Paraíba, em área experimental de Latossolo Amarelo. As amostras foram coletadas nas camadas de 0,0-0,2 m, em um “grid” de 30 × 30 m, com um total de 49 pontos coletados aleatoriamente. Os atributos físicos analisados foram: densidade do solo, teor de argila, porosidade total e resistência à penetração. A partir da matriz de correlação entre os atributos, foi realizada análise de componentes principais. Foram identificados na área pontos com diferentes níveis de compactação. Densidade do solo, porosidade total e resistência à penetração são variáveis igualmente importantes na detecção da compactação.

**Palavras-chave:** biplot, densidade do solo, resistência à penetração

**Abstract** - Compaction is influenced by various soil physical properties and their evaluations are based on current soil condition. The objective of this study was to verify the importance of each physical attribute responsible for compaction in an experimental area of Oxisol. The work was developed in Areia, Paraíba, Brazil. The samples were collected in layers of 0.0-0.2 m, in a grid of 30 × 30 m, with a total of 49 points collected randomly. The physical attributes analyzed were density, clay content, total porosity and penetration resistance. From the correlation matrix between attributes, we performed principal component analysis. Points were identified in the area with different levels of compaction. Density, total porosity and penetration resistance are also important variables for detection of compaction.

**Key-words:** biplot, soil density, penetration resistance

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando do Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil. renato\_agro@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Estatística e Experimentação Agronômica, Universidade de São Paulo – ESALQ/USP, Avenida Pádua Dias, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

<sup>3</sup> Professora Efetiva, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, 86057-970, Londrina, Paraná, Brasil.

## INTRODUÇÃO

A avaliação da compactação é baseada na condição atual em que se encontra o solo, onde é possível identificar camadas que apresentam restrições ao crescimento e produtividade das culturas (CAVALCANTE et al., 2011; MION et al., 2012), podendo ser evidenciada por vários atributos físicos do solo, tais como: densidade, porosidade, textura e resistência à penetração (MION et al., 2012).

A compactação do solo aumenta a densidade e a resistência mecânica, e diminui a porosidade, tamanho e continuidade dos poros (DEXTER, 2004; CORTEZ et al., 2011), afetando o desenvolvimento vegetal. Silva et al. (2006) investigaram o crescimento da parte aérea de plantas sob diferentes graus de compactação e observaram que a densidade de 1,5 g cm<sup>-3</sup> comprometeu o crescimento da parte aérea, verificando assim, estreita relação entre compactação e crescimento das plantas estudadas, bem como tendência de respostas inversamente proporcionais das plantas à compactação.

Ribon & Tavares Filho (2008) explicam que devido às relações encontradas entre os componentes físicos do solo, o estudo associativo é de fundamental importância para escolha do sistema de preparo mais adequado ao crescimento e desenvolvimento das culturas.

Estudos que consideram a estrutura de variabilidade espacial dos atributos do solo (CARVALHO et al., 2010; CORRÊA, et al., 2009) estão sendo aplicados para identificar zonas homogêneas possibilitando um manejo mais preciso e sustentável, tornando o mapeamento dos atributos físicos numa área agrícola de fundamental importância, tanto para a recomendação de práticas de manejo, como para a avaliação dos efeitos da agricultura sobre a qualidade ambiental (ANDREOTTI et al., 2010).

Portanto, a compactação é influenciada por um conjunto de atributos dentro de uma área experimental ou de produção agrícola, sendo de fundamental importância o conhecimento de sua variabilidade, bem como do comportamento das variáveis responsáveis pela compactação (DEXTER, 2004; CORTEZ et al., 2011; CAVALCANTE et al., 2011; MION et al., 2012).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi verificar a importância de cada atributo físico responsável pela formação de camadas compactadas em área experimental de Latossolo Amarelo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de agosto de 2010 a maio de 2011, na Fazenda Experimental Chã-de-Jardim município de Areia, localizado na microrregião do Brejo Paraibano, sob as coordenadas geográficas 6° 58' 12" S e 35° 42' 15" W.

O clima é As', segundo a classificação de Köppen, quente e úmido com chuvas de outono-inverno com precipitações médias anuais de 1.200 a 1.400 mm (sendo que mais de 75%

destas estão concentradas no período de março a agosto), temperatura média anual oscilando entre 22 e 26 °C e umidade relativa do ar entre 75 e 87% (BRASIL, 1972).

A área em estudo vinha sendo utilizada sob intervalos de cultivos nos últimos 25 anos, e no momento da amostragem, estava sob pousio após colheita de milho. No último cultivo, o preparo do solo foi realizado com uma aração e uma gradagem até a profundidade de 0,2 m, e a semeadura realizada manualmente, sem adubação. A área é utilizada como campo experimental.

O estudo foi conduzido em área experimental de Latossolo Amarelo, classificado segundo Embrapa (2006). As amostras foram coletadas nas camadas de 0,0-0,2 m, em um "grid" de 30 × 30 m, com um total de 49 pontos coletados aleatoriamente.

Os atributos físicos analisados foram: resistência à penetração (MPa), porosidade total (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>), densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>) e teor de argila (g kg<sup>-1</sup>).

Anéis metálicos de volume conhecido (90,5 cm<sup>3</sup>) foram utilizados na coleta de amostras não deformadas para determinação da densidade do solo. As amostras foram coletadas e transportadas até o laboratório, onde a textura foi determinada pelo método do densímetro, densidade de partículas pelo volume gasto de álcool e a porosidade total, segundo metodologia da Embrapa (1997), pela expressão:

$$\text{Porosidade total (\%)} = \frac{DP - DS}{DP} \times 100,$$

em que, DP: densidade de partículas, DS: densidade do solo.

Para coleta dos dados de resistência mecânica a penetração foi utilizado um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar, com metodologia sugerida por Stolf (1991).

A partir da matriz de correlação entre os atributos, realizou-se análise de componentes principais. O número de componentes retidos na análise foi determinado considerando os critérios: proporção de variação acumulada mínima de 80% e autovalor maior que a unidade.

Para identificação de pontos amostrais de interesse e seu relacionamento com os atributos do solo, uma representação bidimensional da análise de componentes principais foi realizada pela construção de um gráfico *biplot* (GABRIEL, 1971), utilizando os escores dos dois primeiros componentes principais.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software R versão 2.15.2 (R CORE TEAM, 2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os autovalores e autovetores dos componentes principais, bem como a proporção de variância acumulada. Observa-se que o primeiro componente principal explicou praticamente 70% da variação dos dados. As variâncias do primeiro e segundo componentes representam 95% de toda variação, sendo considerados suficientes para explicar o comportamento das variáveis na área experimental.

**Tabela 1.** Autovalores e coeficientes para os componentes principais a partir da matriz de correlação para cinco atributos físicos do solo.

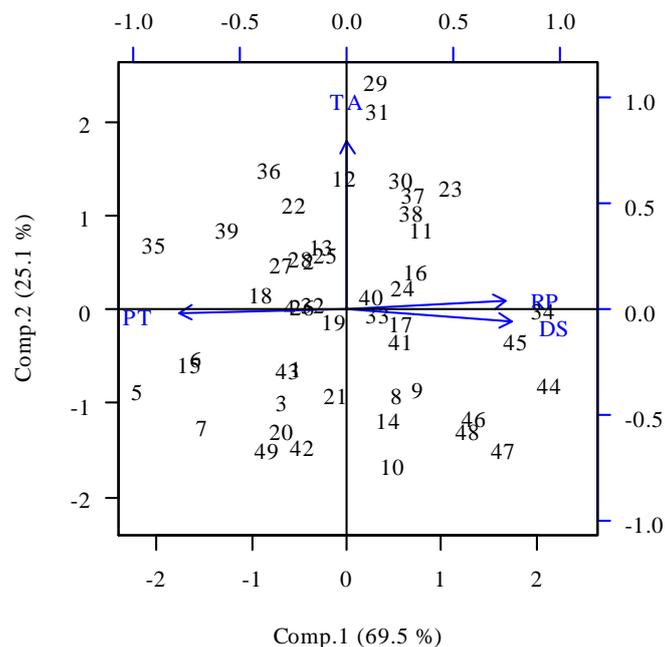
Atributo	Componente principal			
	1	2	3	4
RP	0,562	0,053	0,810	0,160
PT	-0,591	-0,019	0,260	0,764
DS	0,580	-0,073	-0,520	0,623
TA	0,001	0,996	-0,076	0,051
Autovalor	1,667	1,003	0,427	0,172
Proporção acumulada	0,695	0,946	0,992	1,000

RP: resistência à penetração, PT: porosidade total, DS: densidade do solo, TA: teor de argila.

Pela distribuição dos pesos de cada variável, pode-se observar que o primeiro componente representa, basicamente, um contraste entre a densidade do solo e resistência à penetração contra a porosidade total, com o teor de argila exercendo praticamente nenhuma influência. Sendo assim, o primeiro componente pode ser tomado como uma medida geral de compactação do solo, já que esta se caracteriza por um aumento da densidade e resistência à penetração e diminuição no volume de poros (DEXTER, 2004; CORTEZ et al., 2011; MAGALHÃES et al., 2009).

O segundo componente apresenta um alto valor no coeficiente do teor de argila, com as demais variáveis apresentando baixos coeficientes, isto é, exercendo pouca ou nenhuma influência em termos de variação. Assim, o segundo componente representa apenas o teor de argila do solo.

Na Figura 1 encontra-se o gráfico *biplot*, contendo os escores e os pesos de cada atributo físico do solo para os dois primeiros componentes principais.



**Figura 1.** Biplot bidimensional da análise de componentes principais para os atributos físicos: resistência à penetração (RP), porosidade total (PT), densidade do solo (DS) e teor de argila (TA). Comp. 1: componente principal 1; Comp. 2: componente principal 2.

Considerando o eixo do primeiro componente principal, verifica-se uma relação inversamente proporcional entre porosidade total e resistência à penetração e densidade do solo, caracterizando zonas mais densas, portanto mais compactadas, concordando com os

resultados obtidos por Pereira et al. (2010), que estudaram, também por componentes principais, atributos físicos de um Latossolo vermelho distrófico, verificando alta correlação negativa entre densidade do solo e valores de porosidade total e macroporosidade, denominando este efeito de degradação estrutural do solo, bem como os

primeiros indícios de compactação. Tormena et al. (2002), em avaliação de atributos físicos realizados sob diferentes sistemas de manejo, verificaram aumento da resistência à penetração quando observaram os mais altos valores de densidade do solo, evidenciando a relação destes atributos na caracterização de camadas compactadas.

No eixo do segundo componente principal, apenas o teor de argila apresenta alto coeficiente (Tabela 1), sendo um componente exclusivamente influenciado por esta variável. Embora a compactação seja uma condição afetada pela textura (RICHART et al., 2005), a caracterização de um ambiente compactado através de uma variável é impraticável, portanto, apesar de se mostrar um atributo influente pela análise de componentes principais, o teor de argila não demonstrou correlação com a resistência à penetração e densidade, atributos estes, responsáveis pela formação de ambientes compactados.

Ainda na Figura 1, observa-se que os pontos amostrais com maiores valores de densidade e resistência à penetração e menores valores de porosidade total são 44, 34, 45, 47, 46, 48 e 23, respectivamente. Portanto, verifica-se que, há pontos, dentro da área experimental, mais compactados que outros, assim como há pontos mais propícios ao desenvolvimento das plantas, isto é, menos denso e com maior volume de poros, como por exemplo os pontos 18, 35, 6 e 15.

Um ambiente fisicamente propício ao desenvolvimento das plantas deve apresentar boa aeração e baixa densidade, sem oferecer resistência ao crescimento do sistema radicular, como observaram Silva et al. (2006), que estudaram o crescimento da parte aérea de plantas cultivadas sob diferentes graus de compactação e verificaram que a densidade simulada de  $1,5 \text{ g cm}^{-3}$  comprometeu o crescimento da parte aérea das plantas, apontando uma estreita relação entre compactação e crescimento das plantas estudadas, evidenciando seus efeitos no desenvolvimento vegetal.

Outro fato importante a ser observado é a distribuição dos pontos na área experimental. Destaca-se ainda que, apesar de os pontos 34 e 35 estarem próximos espacialmente, os mesmos estão distantes com relação às suas características físicas, o que pode ocorrer em função do manejo.

A variabilidade espacial de atributos físicos é bastante observada em trabalhos científicos (CARVALHO et al., 2010; CAVALCANTE et al., 2011) principalmente os atributos dependentes da estrutura do solo. Cavalcante et al. (2011) estudaram resistência à penetração em diversos sistemas de manejo, verificando altos valores no coeficiente de variação, bem como efeito pepita puro, ou seja, ausência de dependência espacial. Portanto, pontos amostrais ou zonas das áreas amostrais podem variar suas características físicas de acordo com o manejo empregado, dificultando a exploração do ambiente agrícola.

## CONCLUSÕES

Foi identificado na área pontos com diferentes níveis de compactação.

Densidade do solo, porosidade total e resistência à penetração são variáveis igualmente importantes na detecção da compactação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOTTI, M.; CARVALHO, M. P.; MONTANARI, R.; BASSO, F. C.; PARIZ, C. M.; AZENHA, M. V.; VERCESE, F.. Produtividade da soja correlacionada com a porosidade e a densidade de um Latossolo Vermelho do cerrado brasileiro. *Ciência Rural*, v.40, n.3, p.520-526, 2010.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. I – Levantamento exploratório reconhecimento de solos da Paraíba. II - Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: 1972, 670 p. (MA, Boletim Técnico, 15, Série Pedologia, 8).

CARVALHO, S. R. L.; VILAS BOAS, G. S.; FADIGAS, F. S. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos em solos originados nos sedimentos da formação barreiras. *Cadernos de Geociências*, v. 7, n. 2, p.63-79, 2010.

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. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.3, p.237–243, 2011.

CORRÊA, A. N.; TAVARES, M. H. F.; URIBE-OPAZO, M. A.. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo e seus efeitos sobre a produtividade do trigo. *Ciências Agrárias*, v. 30, n. 1, p. 81-94, 2009.

CORTEZ, J. W.; ALVES, A. D. S.; MOURA, R. D.; OLSZEWSKI, N.; NAGAHAMA, H. J.. Atributos físicos do Argissolo Amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 1207-1216, 2011.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, v. 120, p. 201-214, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.
- GABRIEL, K. R. The biplot graphical display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, v. 58, p. 453-467. 1971.
- MAGALHÃES, E. N.; OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A. P.; CASTRO, M. B. Recuperação estrutural e produção do capim-Tifton 85 em um Argissolo Vermelho-Amarelo compactado. *Ciência Animal Brasileira*, v. 10, p. 68-76, 2009.
- MION, R. L.; NASCIMENTO, E. M. S.; SALES, F. A. L.; SILVA, S. F.; DUARTE, J. M. L.; SOUSA, B. M.. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo amarelo. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, n. 6, p. 2057-2066, 2012.
- PEREIRA, S. A.; OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, J. P. Análise de componentes principais dos atributos físicos de um Latossolo vermelho distrófico típico sob pastagem e mata. *Global Science and Technology*, v. 03, n. 02, p.87-97, 2010.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 04 nov., 2012.
- RIBON, A. A.; TAVARES FILHO, J.. Estimativa da resistência mecânica à penetração de um Latossolo vermelho sob cultura perene no norte do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1817-1825, 2008.
- RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R.. Compactação do solo: causas e efeitos. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.
- SILVA, G. J.; MAIA, J. C. S; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-escuro distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.31-40, 2006.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 15, n. 2, p. 229-235, 1991.
- TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S. da; GONÇALVES, A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.59, n.4, p.795-801, 2002.