



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO  
X CONGRESSO BRASILEIRO  
V SEMINÁRIO DO DF e ENTORNO  
**12-15 SETEMBRO 2017**  
**BRASÍLIA- DF, BRASIL**

**Tema Gerador 9**

Manejo de Agroecossistemas  
e Agricultura Orgânica



## **Resistência de um Argissolo à penetração estimada a partir da densidade e da umidade sob diferentes agroecossistemas**

*Penetration resistance of an Alfisol estimated from the bulk density and water content under different agroecosystems*

LIMA, Cláudia Liane Rodrigues de, PAIVA, Rodrigo Brum de;  
NUNES, Maria Cândida Moitinho, TUCHTENHAGEN, Ivana Kruger  
DUTRA JUNIOR, Leonir Aldrighi, BROD, Thais Lopes

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Solos, cirlima@yahoo.com.br, rodrigo@biosustent.com.br, nunes.candida@gmail.com, ivanatuchtenhagen@gmail.com, leonirdutrajr@gmail.com, thaiisbrod@gmail.com.

**Tema Gerador:** Manejo de Agroecossistemas e Agricultura Orgânica

### **Resumo**

A resistência à penetração (RP) associada à densidade e a umidade fornecem avaliações úteis para o monitoramento de solos sob diferentes agroecossistemas. Modelos podem ser adequadamente aceitos para a estimativa de forma mais precisa da RP visando o incremento da produção agrícola nestes sistemas. Diferentes valores de RP que limitam o crescimento de culturas têm sido postulados na literatura. No sentido de testar e indicar um modelo para a quantificação da RP para o monitoramento de áreas agrícolas foi avaliado três diferentes sistemas de uso (pousio, pastagem e milho) em uma propriedade agrícola na zona rural no município de Pelotas (RS). O cultivo atual pressupõe princípios iniciais de transição para agricultura ecológica. Concluiu-se que o modelo apresentado pode ser adequadamente aceito para a estimativa da RP em solo sob ecossistemas agrícolas que apresentem diferentes densidades e umidades visando à proximidade com a implementação de uma agricultura ambientalmente sustentável.

**Palavras-chave:** estrutura do solo; degradação do solo; qualidade do solo.

### **Abstract**

The penetration resistance (PR) associated with bulk density and water content provides useful assessments for monitoring soil under different agroecosystems. Models can be appropriately accepted for a more accurate estimation of PR in order to increase agricultural production in these systems. The PR values that limit crop growth have been postulated in the literature. In order to test and indicated a model for the PR quantification, this study monitoring three different management systems (fallow, pasture and corn) in a rural farm of the city Pelotas, RS, state. The current management presupposes initial principles transition to ecological agriculture. It was concluded that the presented model can be appropriately accepted for the estimation of PR in soil under agricultural ecosystems that present different bulk densities and water content aiming at the proximity with the implementation of an environmentally sustainable agriculture.

**Key words:** soil structure, soil degradation, soil quality



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO  
X CONGRESSO BRASILEIRO  
V SEMINÁRIO DO DF e ENTORNO  
**12-15 SETEMBRO 2017**  
**BRASÍLIA- DF, BRASIL**

**Tema Gerador 9**

Manejo de Agroecossistemas  
e Agricultura Orgânica



## **Introdução**

Para um adequado crescimento, as plantas necessitam de uma estrutura que possibilite uma área de contato entre as raízes e o solo, que assegure a obtenção de água e nutrientes e um suficiente espaço poroso para o fornecimento adequado de oxigênio, associado a um ambiente sustentável.

A resistência à penetração representa um parâmetro de grande utilidade na indicação da qualidade física e ao estabelecimento de condições adequadas ao desenvolvimento para as plantas.

Diferentemente de outros parâmetros físicos, quando a resistência à penetração é avaliada, indica-se valores que limitam o crescimento radicular, normalmente superiores a 2 MPa (TAYLOR et al., 1966) ou outros considerados como restritivo em um intervalo de 1,5 a 3,5 MPa para maximização da produção agrícola (LIMA et al. 2007, MIOLA et al., 2015).

Adicionalmente revela-se que a resistência a penetração é muito influenciada por outros parâmetros como, por exemplo, o conteúdo de água, a densidade e o potencial mátrico do solo (WHALLEY et al., 2007).

Para contornar essa problemática, vários modelos incluindo outros parâmetros físicos têm sido aportados na literatura científica com a tentativa de obtenção de valores mais exatos de resistência à penetração para o adequado desenvolvimento de plantas em diferentes ecossistemas agrícolas (BUSSCHER, 1990; GAO et al., 2016).

Considerando que há um consenso generalizado sobre a necessidade, em âmbito geral, de ampliar as pesquisas nesta área de conhecimento que possibilite uma melhor compreensão do processo de compactação e dos indicadores da qualidade física de solos, objetivou-se testar e indicar um modelo para a estimativa de resistência à penetração considerando a densidade e a umidade com o enfoque o futuro incremento de produção de um Argissolo Vermelho Amarelo sob diferentes agroecossistemas em uma propriedade rural de Pelotas, RS.

## **Metodologia**

O estudo foi estabelecido em uma propriedade agrícola, localizada na zona rural do município de Pelotas (RS), com coordenadas geográficas 31°40'58.38" latitude Sul e 52°31'38.39" longitude Oeste, com altitude média de 55 m, cuja atividade principal é a produção de leite in natura. O embasamento geológico da área é constituído por rochas sedimentares com afloramentos de migmatitos homogêneos. O relevo da propriedade é considerado suavemente ondulado, com declividade média de 7%. O solo é



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO  
X CONGRESSO BRASILEIRO  
V SEMINÁRIO DO DF e ENTORNO  
**12-15 SETEMBRO 2017**  
**BRASÍLIA- DF, BRASIL**

Tema Gerador 9

Manejo de Agroecossistemas  
e Agricultura Orgânica



classificado como um Argissolo Vermelho-Amarelo com teores médios, de argila, silte e areia de 173,21 g kg<sup>-1</sup>, 178,33 g kg<sup>-1</sup>, 648,46 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente e textura franco-arenosa. A propriedade possui 24,2 hectares e os cultivos avaliados foram: i) pousio; ii) pastagem rotacionada com aveia e azevém e iii) cultivo de milho. As áreas destinadas à pastagem compreendem a maior parte da propriedade e têm sido utilizadas de maneira rotacionada com aveia e azevém por um período de, aproximadamente, 10 anos. A área onde atualmente é desenvolvido o cultivo do milho está sob plantio direto e há quatro anos era utilizada com pastagem. O manejo do solo na propriedade visa à racionalização do intenso uso de máquinas, a redução gradativa do uso de insumos sintéticos e uma melhor preservação dos recursos naturais tanto ao nível local como de comunidade e, assim buscando qualidade de vida para gerações futuras. Com o mesmo enfoque, o pousio apresenta vegetação espontânea, sem intervenção há pelo menos vinte e cinco anos. O seu uso anterior foi o plantio de arroz manejado pelo sistema convencional. O sistema de cultivo atual pressupõe princípios que caracterizam como a primeira fase do processo de transição para agricultura de base ecológica.

Para avaliação dos parâmetros físicos aleatoriamente, foram coletadas, 270 amostras de solo (135 amostras indeformadas e 135 deformadas) na camada de 0,00 a 0,10 m. As amostras inalteradas foram coletadas utilizando anéis volumétricos de 5 cm de altura e de diâmetro para determinação da densidade (EMBRAPA, 2011), da umidade volumétrica e da resistência à penetração. As amostras com estrutura não preservadas foram coletadas com auxílio de uma pá de corte para determinação da granulometria. As amostras foram saturadas por um período de 24 a 48 horas e submetidas a um potencial de -0,01 MPa em uma câmara de pressão de Richards (KLUTE, 1986). Depois de obtido o equilíbrio e com a utilização de um penetrômetro eletrônico, modelo MA 933 (Marconi, Ltda), que apresenta um atuador linear e célula de carga de 20 kg acoplada a um computador para aquisição e armazenamento de dados, determinou-se a RP em três locais distanciados igualmente do centro de cada amostra, com uma velocidade de penetração de 10 mm min<sup>-1</sup> (BRADFORD, 1980).

Utilizou-se para o ajuste da RP o modelo não linear proposto por BUSSCHER (1990), conforme equação abaixo, em que a RP é a resistência à penetração (MPa),  $\theta_v$  é a umidade volumétrica (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>),  $D_s$  é a densidade do solo (Mg m<sup>-3</sup>) e  $a$ ,  $b$  e  $c$  são coeficientes empíricos de ajuste do modelo:  $RP = a\theta_v^b D_s^c$

A estimativa dos parâmetros do modelo de BUSSCHER (1990) ( $a$ ,  $b$  e  $c$ ), a partir do método iterativo de Gauss Newton e a análise descritiva dos Resultados foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System).



## Resultados e Discussão

A amplitude de variação e o coeficiente de variação da RP estiveram associados, provavelmente com a variação da Ds (Tabela 1). Estudos apresentam relações entre a RP e a Ds (GAO et al., 2016). Normalmente é evidenciado um aumento da RP com o incremento da Ds, corroborando com o valor negativo do parâmetro de ajuste  $c$  (Tabela 2).

A variação dos indicadores físicos avaliados também esteve associada com o intervalo de variação de umidade do solo (Tabela 1). Estudos têm indicado que a RP diminui com o incremento da umidade do solo (TAYLOR et al., 1966), estando em concordância com o obtido neste estudo (Tabela 2). A umidade é um fator amplamente reconhecido como determinante do processo de compactação, ou incremento da RP e que determina a magnitude da deformação de um determinado tipo de solo. Atua como lubrificante entre as partículas permitindo o deslocamento das mesmas. Este deslocamento é favorecido à medida que há incremento da umidade do solo.

A equação de ajuste foi altamente positiva e significativa ( $F= 85,52$ ,  $R^2 = 0,66$ ,  $p < 0,0001$ ) (Figura 1), demonstrando que os valores de RP avaliados a campo e no laboratório podem ser 66% adequadamente estimados a partir da densidade, da umidade do solo e modelo testado.

Considerando que a RP associada ao conteúdo de água, aeração e temperatura do solo representam parâmetros que afetam diretamente o crescimento de plantas em ecossistemas agrícolas (LETEY, 1985), estudos adicionais ainda são necessários para verificar a relação existente entre a RP e outros indicadores de qualidade do solo para o desenvolvimento adequado de culturas em outros tipos e camadas de solos e agroecossistemas.

Em âmbito geral, preconiza-se carência de informações que visem a sistematização e a consolidação de saberes e práticas que visem o desenvolvimento de uma agricultura ambientalmente sustentável, economicamente eficiente e socialmente justa.

**Tabela 1:** Análise estatística descritiva dos atributos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes agroecossistemas em Pelotas, RS.

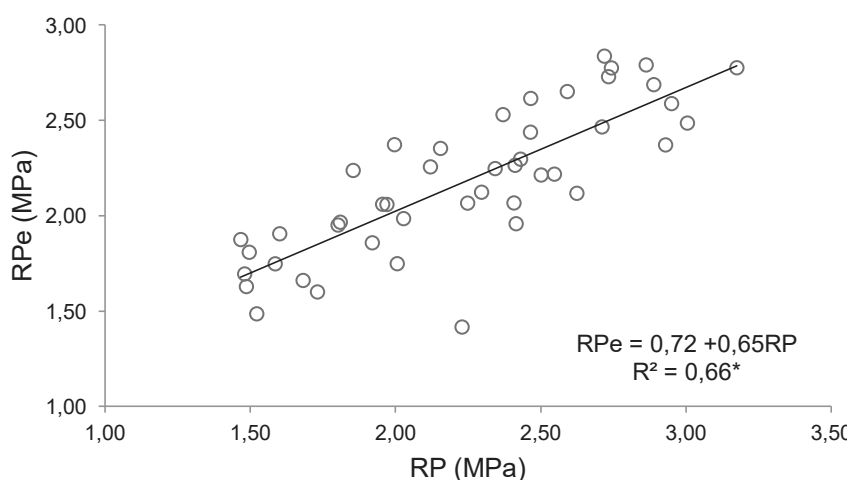
Variável <sup>1</sup>	Média	Mínimo	Máximo	DP <sup>2</sup>	CV <sup>3</sup> (%)
RP (MPa)	2,24	1,47	3,18	0,47	21,36
$\theta_v$ (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,14	0,09	0,26	0,03	17,64
Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	1,64	1,44	1,72	0,07	4,41

<sup>1</sup>RP: resistência do solo à penetração;  $\theta_v$ : umidade volumétrica do solo e Ds: densidade do solo; <sup>2</sup>DP: desvio padrão; <sup>3</sup>CV: coeficiente de variação.



**Tabela 2:** Valores estimados e erro padrão dos parâmetros empíricos da equação de ajuste (a, b e c) para a estimativa da resistência a penetração de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes agroecossistemas em Pelotas, RS.

Parâmetros	Valor estimado	Erro Padrão
a	0,2528	0,065
b	-0,2969	0,129
c	3,3445	0,535



**Figura 1:** Análise de regressão entre a resistência à penetração estimada (RPe) e a resistência à penetração avaliada em laboratório de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes agroecossistemas, em Pelotas, RS.

## Conclusão

Resultados comprovam que a resistência à penetração apresenta uma relação funcional, significativa, positiva e linear, podendo ser adequadamente estimada para um Argissolo sob diferentes ecossistemas agrícolas.

Conhecendo-se o valor de densidade e de umidade permite-se conhecer a resistência a penetração ( $RP = 0,25\theta v^{-0,30}Ds^{3,34}$ ) e indicar valores restritivos ao desenvolvimento de plantas para a otimização da produção agrícola de forma sustentável.



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO  
X CONGRESSO BRASILEIRO  
V SEMINÁRIO DO DF E ENTORNO  
**12-15 SETEMBRO 2017**  
**BRASÍLIA- DF, BRASIL**

Tema Gerador 9

Manejo de Agroecossistemas  
e Agricultura Orgânica



## Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Programa de Pós Graduação em Manejo e Conservação do Solo e ao Departamento de Solos, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel e a Universidade Federal de Pelotas, pelo apoio, oportunidade e colaboração.

## Referências Bibliográficas

BRADFORD, M. The penetration resistance of a soil with well defined structural units. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p.601-606, 1980.

BUSSCHER, W. J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St Joseph, v.3, p. 519-524, 1990.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2.ed. (Documento 132). Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2011.

GAO, W.; WHALLEY, W.R.; TIAN Z.; LIU, J.; REN, T. A simple model to predict soil penetrometer resistance as a function of density, drying and depth in the field. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 155, p. 190–198, 2016.

KLUTE, A. Water retention: Laboratory methods. In: Black, C.A., Ed. **Methods of Soil Analysis. I. Physical and Mineralogical Methods**. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p.635-662.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, New York, v. 1, p. 277-294, 1985.

LIMA, C. L. R.; REICHERT, M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; DALBIANCO, L. Densidade crítica ao crescimento de plantas considerando água disponível e resistência a penetração de um Argissolo Vermelho distrófico arênico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 1166-1169, 2007.

MIOLA, E. C. C.; PAULETTO, E. A.; LIMA, C. L. R.; PINTO, L. F. S.; TIMM, L. C. Intervalo hídrico ótimo em solo construído após mineração de carvão em diferentes limites críticos de resistência à penetração e umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 563-572, 2015.

TAYLOR, H. M.; ROBERTSON, G. M.; PARKER, J. J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**, Philadelphia, v. 102, p. 18-22, 1966.



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO  
X CONGRESSO BRASILEIRO  
V SEMINÁRIO DO DF e ENTORNO  
**12-15 SETEMBRO 2017**  
**BRASÍLIA- DF, BRASIL**

**Tema Gerador 9**

Manejo de Agroecossistemas  
e Agricultura Orgânica



WHALLEY, W.R., TO, J., KAY, B.D., WHITMORE, A.P. Prediction of the penetrometer resistance of agricultural soils with models with few parameters. **Geoderma**, Amsterdam, v.137, p. 370–377. 2007.