

Correlação espacial entre resistência do solo e produtividade na cultura do trigo

João Victor Brustolin de Carvalho^{1*} e Helton Aparecido Rosa¹

¹Centro Universitário Assis Gurgacz, Colegiado de Agronomia, Cascavel, Paraná.

^{1*}jvbrazuca@gmail.com

Resumo: Resistência do solo a penetração (RSP), não só na cultura do trigo (*Triticum* spp.) mas na grande maioria das culturas se encontra diretamente correlacionado com a produção final. Esse estudo tem como objetivo avaliar o efeito da resistência do solo a penetração sobre a produtividade do trigo. Através de estudos dessa relação entre resistência e produtividade leva-se a aperfeiçoar o manejo, visando diminuir custo e aumentar produtividade e rentabilidade. Essa pesquisa proporcionou dados da correlação da resistência do solo com produtividade na cultura do trigo na região de Cascavel- PR. Utilizando-se uma área experimental de 25.600m², com dimensões de 160 x 160 m, totalizando 20 pontos dentro de um talhão demarcado com GPS a cada 50 m em duas direções perpendiculares entre si. As resistências do solo a penetração foram determinadas através da utilização de um penetrômetro digital. O experimento utilizou amostras da cultura para estimar mapas de produtividade. Através da correlação de Pearson pode afirmar-se uma correlação negativa nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm obtidos através do valor do índice de cone, demonstrando valores de coeficientes menores que 0,3 o que são apresentados como moderadas fracas. A queda de produtividade na cultura de trigo ocorre conforme houve o aumento da resistência a penetração.

Palavras-chave: rentabilidade; penetração; *Triticum* spp.

Spatial correlation between soil resistance and yield in wheat crop

Abstract: Soil resistance is not only in wheat crop (*Triticum* spp.) but in the vast majority of crops, it is directly correlated with final production. This study aims to evaluate the effect of soil resistance to penetration on wheat yield. Through studies of this relationship between resistance and productivity, it is possible to improve the management, aiming to reduce costs and increase productivity and profitability. This research provides data on the correlation of soil resistance with wheat crop in the region of Cascavel-PR. Using an experimental area of 25,600 m², with dimensions of 160 x 160 m, totaling 20 demarcated points within one field with GPS every 50 m in two directions perpendicular to each other. The penetration resistance of the soil was determined through the use of a digital penetrometer. The experiment uses crop samples to estimate productivity maps. Through Pearson correlation a negative correlation can be affirmed in the 0-10 cm and 10-20 cm layers obtained through the cone index value, showing values of coefficients lower than 0.3 which are presented as moderate weak. The yield decrease in wheat crop occurs as the resistance to penetration is increased.

Key words: profitability; penetration; *Triticum* spp.

Introdução

O cereal trigo tem uma importância significativa na alimentação da humanidade. Com o passar dos anos, a tecnologia de produção deste cereal disseminou-se pelo mundo (BRUM *et al.*, 2005). A correlação da resistência do solo com produtividade é uma informação que irá trazer praticidade e benefício ao produtor procurando melhorar produtividade, também investigando as variabilidades existentes na área e proporcionando praticidade no manejo de solo.

A resistência mecânica do solo possui uma grande influência sobre o desenvolvimento vegetal, uma vez que os crescimentos das raízes, como a produtividade das culturas, variam inversamente proporcional ao seu valor (CARVALHO *et al.*, 2006).

A compactação tem como efeito promover a reorganização das partículas e de seus agregados, causando limitações a absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, o que resulta em decréscimo da produtividade das culturas (ROQUE *et al.*, 2008). Em solos compactados também ocorre o decréscimo da porosidade, da macroporosidade, da disponibilidade de água e da difusão de gases no solo (BEUTLER *et al.*, 2004).

Com a modernização da agricultura, devido ao peso de máquinas, equipamentos e intensidade de uso do solo, tem aumentado significativamente as alterações nas suas propriedades físicas. Devido aos diferentes sistemas de manejo as modificações estruturais podem resultar em maior ou menor compactação, que poderá interferir na resistência à penetração, densidade e porosidade do solo influenciando o crescimento radicular e também a produtividade das culturas (FREDDI *et al.*, 2007).

A compactação do solo é um processo em que a porosidade e a permeabilidade são reduzidas, a resistência é aumentada e muitas mudanças são provocadas na estrutura do solo e em várias características de seu comportamento (MOLIN *et al.*, 2003).

Frequentemente, a compactação limita a produtividade das culturas anuais em solos mecanizados, sendo a sua distribuição na lavoura regionalizada (GIRARDELLO *et al.*, 2014). Em relação aos sistemas de manejo adotados pelo homem, a porosidade total e a densidade do solo são atributos ativamente alterados, refletindo decisivamente sobre a produtividade vegetal agrícola (LIMA *et al.*, 2007). Como dito por Abreu *et al.* (2003) a variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas do solo apresenta relação direta com fatores de formação e manejo do solo e afeta a produção da cultura. Os fatores que afetam diretamente o desenvolvimento das plantas variam temporal e espacialmente no campo e não são independentes um do outro (DA MATA *et al.*, 1999).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da resistência do solo a penetração sobre a produtividade do trigo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Escola do Centro Universitário da Faculdade Assis Gurgacz – Cascavel, Paraná. O clima é do tipo cfa e apresenta temperatura média anual de 19°C e o solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico (EMBRAPA, 2013).

Para o experimento utilizou-se uma área de trigo totalizando 2,56 ha, semeada em 22 de abril de 2019. A variedade do trigo utilizada foi o TBIO Toruk, trigo com ciclo médio e um arrojado tipo de planta apresentando por característica perfilhamento e espigamento uniformes e uma boa resistência ao acamamento. Para a dessecação foi feita aplicação de Finale na data 9 de setembro de 2019. No dia 20 de setembro de 2019 foi realizada a colheita.

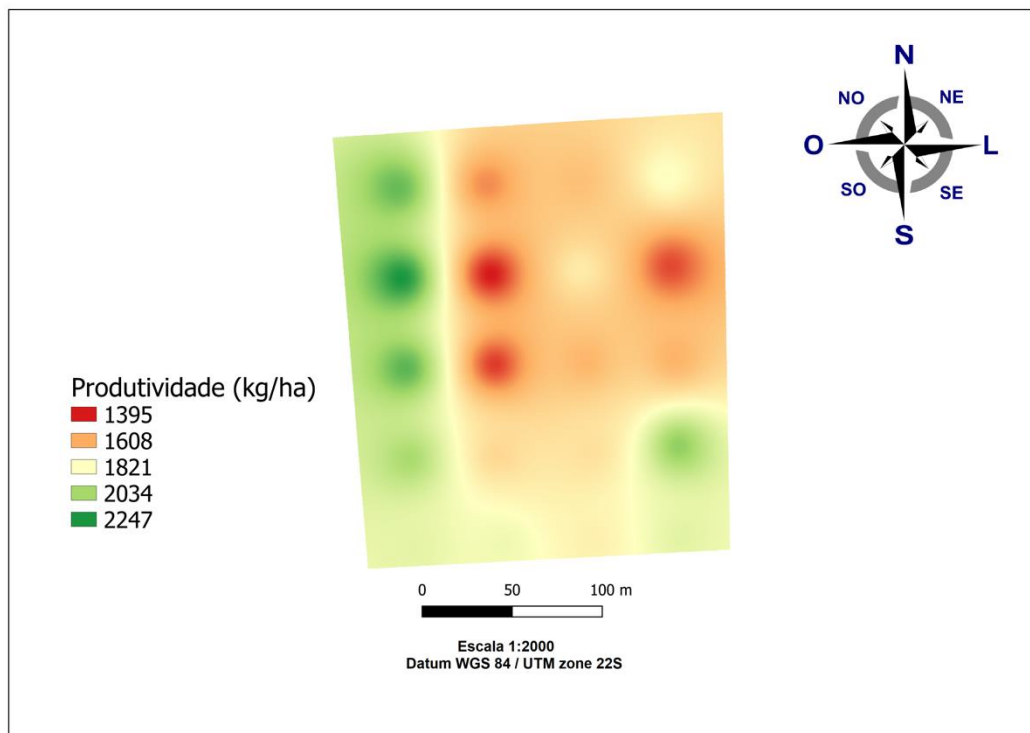
Os pontos de coletas das amostras de resistência do solo a penetração e produtividade foram coletados a cada 50 m, em duas direções perpendiculares entre si, totalizando 20 pontos, dentro de um talhão que foi demarcado com GPS. As determinações das resistências do solo a penetração foram realizadas com auxílio de um penetrômetro digital da marca Penetrologger, modelo 0326K1, as leituras foram realizadas a cada 1cm de profundidade e com ângulo de penetração de 90°. Com esses dados foi calculado o valor do índice de cone, que é a resistência média de cada camada. Foi utilizada correlação entre os pontos de produtividades e os dados de resistência a penetração de cada profundidade, a correlação foi feita utilizando o software Minitab 19.

Para a produtividade da cultura do trigo, utilizou-se coleta de amostragem de 2,7 m² de área que depois foram pesadas, aferidas a umidade, que foi corrigido para 13% e depois convertidas para kg/ha. Após as coletas dos dados foi utilizado o software QGIS e o método do inverso do quadrado da distância (IQD) para interpolar e gerar o mapa de produtividade, assim como os mapas de resistência de penetração. Os mapas temáticos foram elaborados para verificar os lugares da área com maiores problemas de compactação e menores índices de produtividade.

Resultados e Discussão

Através do mapa de produtividade (Figura 1), observa-se os resultados obtidos em relação a variabilidade de produtividade que existiu no talhão.

Figura 1 – Mapa de produtividade de trigo (kg/ha).



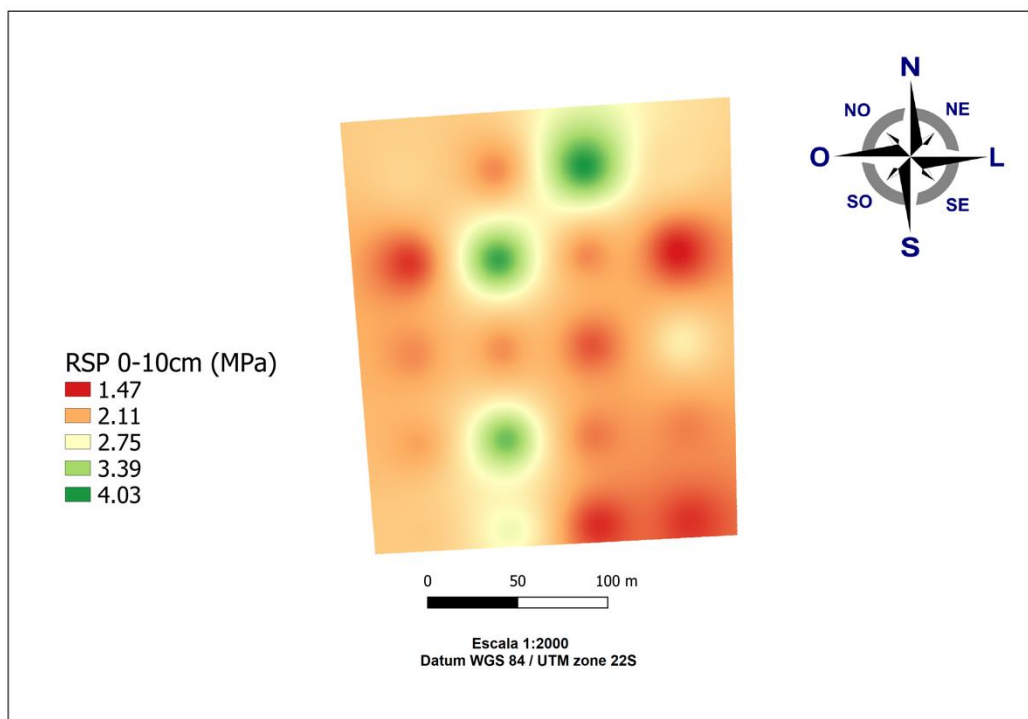
Os índices de produtividade são maiores na região esquerda do mapa onde apresenta resultados de 2034 a 2247 kg/ha local onde o relevo é mais plano.

Pode se observar na figura 2 as resistências encontradas nas profundidades de 0-10cm que variam entre 1.47 Mpa a 4.03 Mpa.

A resistência a penetração do solo se encontra maior nas áreas norte e sudoeste do mapa, aonde comparado ao mapa de produtividade pode ser considerado área de menor índice de produtividade. Apresentando valores variando de 3.39 Mpa a 4.03 Mpa.

Valores de resistência mecânica à penetração, variando de 2 a 4 Mpa, segundo Arshad et al. (1996), podem restringir ou mesmo impedir o crescimento e o desenvolvimento das raízes. Porém, Tavares Filho *et al.* (2001), demonstraram que valores de resistência superiores a 3,5 Mpa não restringiram o desenvolvimento radicular e a produtividade de grãos na cultura do milho.

Figura 2 – Mapa de resistência a penetração do solo nas profundidades de 0-10cm (Mpa)

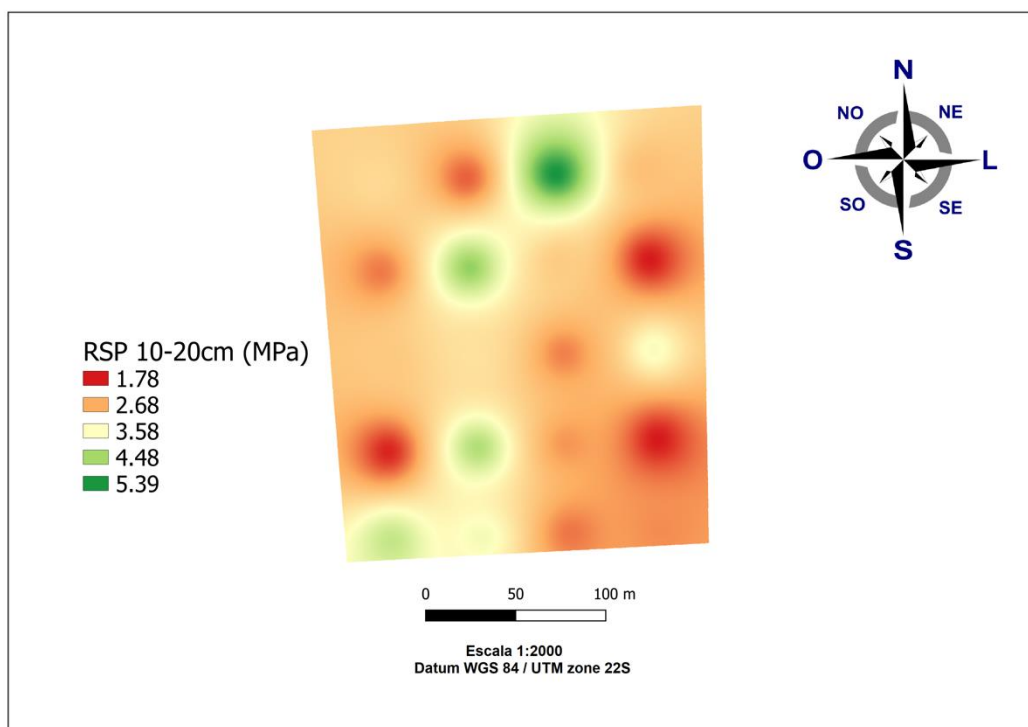


A Figura 3 apresenta o mapa de resistência nas profundidades de 10-20cm, o que indica maiores valores de resistência em relação ao mapa de 0-10cm, com resistências variando de 1.78 Mpa a 5.39 Mpa.

A resistência a penetração do solo na Figura 3 apresenta-se maior nas mesmas localidades da Figura 2, porém os resultados são maiores devido ao aumento da profundidade do solo. Com valores variando de 4.48 Mpa a 5.39 Mpa. Na pesquisa de Collares et al. (2008), os maiores valores de resistência à penetração ocorreram nas camadas superficiais (0,05-0,15 m).

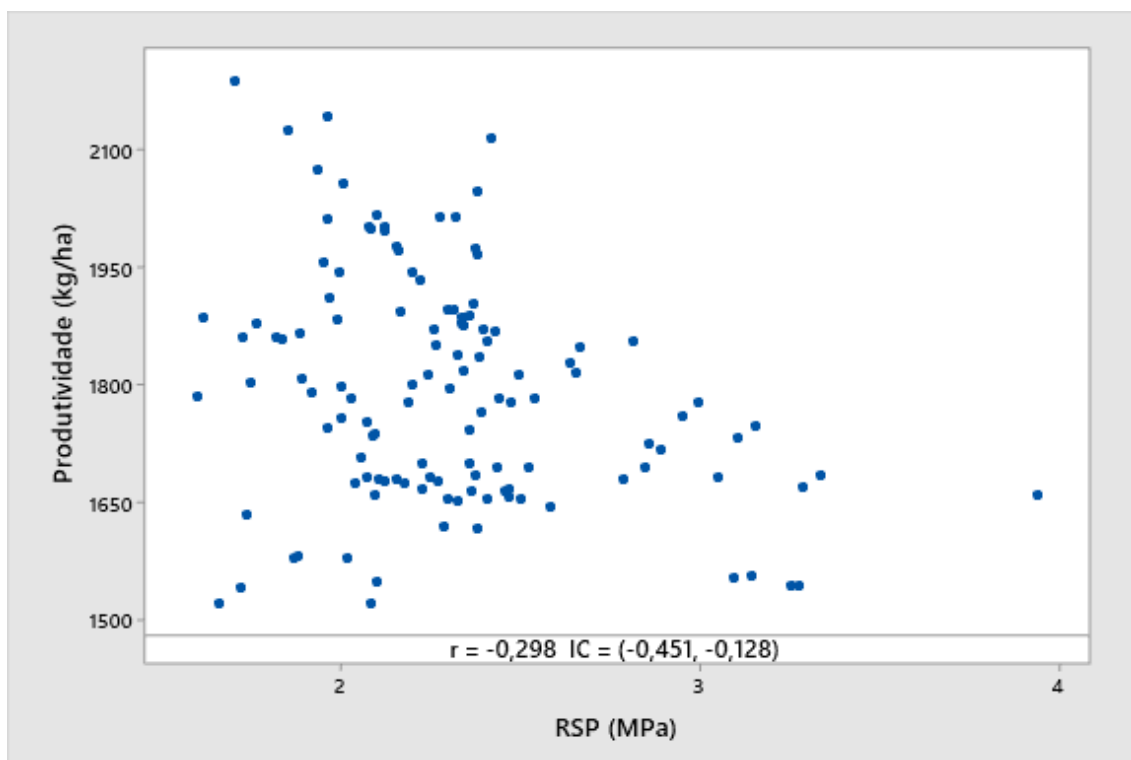
Os resultados obtidos demonstram o aumento da resistência conforme aumentado a profundidade. Silva *et al.* (2003) verificaram maior efeito da compactação de um latossolo sob a produtividade do trigo, quando comparado ao seu efeito na produtividade de milho e soja. Silva *et al.* (2000) afirmou que o sistema de plantio direto apresenta maiores valores de resistência à penetração e maior estado de compactação, especialmente na camada de 0,07 a 0,17 m.

Figura 3 – Mapa de resistência a penetração do solo nas profundidades de 10-20cm (Mpa)



Na Figura 4, encontra-se análise de correlação de Pearson entre RSP (Mpa) da camada 0-10 cm e produtividade (kg/ha).

Figura 4 – Correlação linear de Pearson camada 0-10 cm.

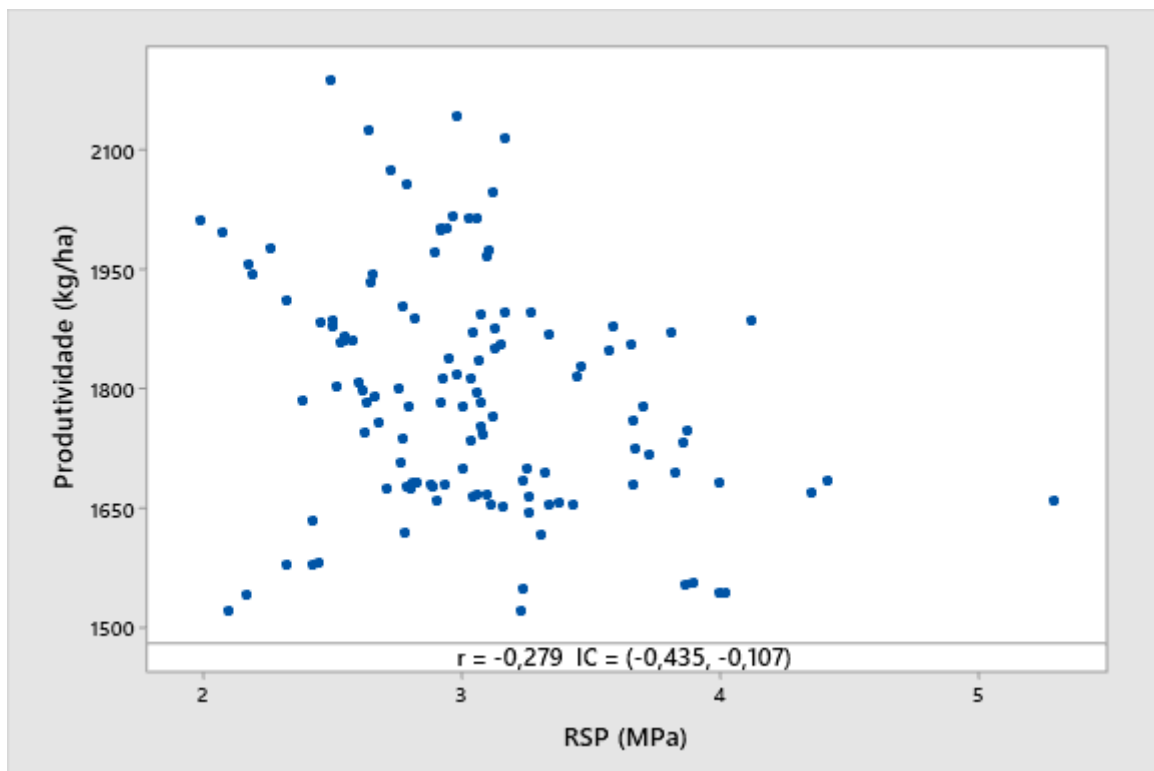


Ao contrário da Figura 4, que apresentou um valor de coeficiente de $-0,273$, Silva et al. (2014) afirmam que uma correlação positiva indica que quando o x aumenta, y também aumenta, ou seja, valores altos de x estão associados a valores altos de y . Como observado na Figura 4, a produtividade varia de 1500 kg/ha a valores acima de 2100 kg/ha nas área onde a RSP varia de 0 a $2,5 \text{ Mpa}$.

Conforme ocorre o aumento da RSP, os valores de produtividade não ultrapassam a marca de 1950 kg/ha . A tendência é que conforme ocorre o aumento da resistência a penetração, irá ocorrer a queda de produtividade. O valor de coeficiente se apresenta moderada fraca devido ao valor ser menor que $0,3$. Atualmente, o coeficiente de correlação de Pearson é a medida de associação mais utilizada em diferentes áreas da pesquisa científica (CHEN e POPOVICH, 2002).

Na Figura 5, encontra-se análise de correlação de Pearson entre RSP (MPa) da camada $10\text{-}20 \text{ cm}$ e Produtividade (kg/ha). Os dados apresentados possuem um valor um pouco mais baixo do que da correlação do mapa na figura 4. Conforme os valores de RSP aumentam, os valores de produtividade diminuem. Soares (2005) afirma que é comum a utilização do Coeficiente de correlação de Pearson. Porém existem situações em que o relacionamento não é linear, aonde se deve utilizar outras alternativas de coeficientes.

Figura 5 – Correlação linear de Pearson camada 10-20 cm.



Galarça et al. (2010) afirmam que a correlação entre duas características mede a associação entre ambas. Nesse trabalho apresentado a correlação de Pearson através de sua simplicidade e praticidade na comparação dos dois fatores, produtividade e resistência a penetração do solo, facilitou a interpretação e análise dos dados e resultados.

Conclusão

Através da correlação de Pearson pode afirmar-se uma correlação negativa nas camada de 0-10 cm e 10-20 cm obtidos através do valor do índice de cone, demonstrando valores de coeficiente menores que 0,3 o que são apresentados como moderada fraca. A queda de produtividade na cultura de trigo ocorre conforme houve o aumento da resistência a penetração.

Referências

- ARSHAD, M. A., LOWERY, B., & GROSSMAN, B. (1996). Physical tests for monitoring soil quality. **Methods for assessing soil quality**, (methodsforasses), 123-141.
- ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas do solo, da produtividade e da

qualidade de grãos de trigo em Argissolo Franco Arenoso sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, 2003.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 581-588, 2004.

BRUM, A. L., & HECK, C. R. (2005). A economia do trigo no rio grande do sul: breve histórico do cereal na economia do estado. **Análise–Revista de Administração da PUCRS**, 16(1).

CARVALHO, G. J.; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; MARTINS, M. V. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 765-771, 2006.

CHEN, P. Y., SMITHSON, M., & POPOVICH, P. M. (2002). **Correlation: Parametric and nonparametric measures** (No. 139). Sage.

COLLARES, G. L., REINERT, D. J., REICHERT, J. M., & KAISER, D. R. (2008). Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32(3), 933-942.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 627-636, 2007.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L.; SILVA, A. P. Compactação do solo e intervalo hídrico ótimo no crescimento e na produtividade da cultura do milho. **Bragantia**, p. 477-486, 2007.

GALARÇA, S. P., LIMA, C. S. M., SILVEIRA, G. D., & RUFATO, A. D. R. (2010). Correlação de pearson e análise de trilha identificando variáveis para caracterizar porta-enxerto de *Pyrus communis* L. **Embrapa Uva e Vinho-Artigo em periódico indexado (ALICE)**.

GIRARDELLO, V. C.; AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L.; CHERUBIN, M. R.; KUNZ, J.; TEIXEIRA, T. G. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, 2014.

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). **Revista Brasileira de Ciência do solo**, p. 1233-1244, 2007.

MATA, J. D. V.; GONÇALVES, A. C. A.; VIEIRA, S. R.; FOLEGATTI, M. V. Relação entre produtividade e resistência à penetração em área irrigada por pivô central, sob dois sistemas de preparo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 21, p. 519-525, 1999.

MOLIN, J. P.; SILVA JÚNIOR, R. L. Variabilidade espacial do índice de cone, correlacionada com textura e produtividade. **Engenharia Rural**, v. 14, p. 49 citation_lastpage= 58, 2003.

OLIVEIRA NETO, A. A.; SANTOS, C. M. R. **A cultura do Trigo**. Brasília-DF: CONAB, 2017, 218 p.

ROQUE, M. W.; MATSURA, E. E.; SOUZA, Z. M.; BIZARI, D. R.; SOUZA, A. L. Correlação linear e espacial entre a resistência do solo ao penetrômetro e a produtividade do feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2008.

SILVA, M. B.; NEVES, J. A. B.; PARANHOS, R.; JÚNIOR, J. A. S.; ROCHA, E. C.; FILHO, D. B. F. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson: O retorno. **Leviathan. Cadernos de Pesquisa Política**, N. 8, pp.66-95, 2014

SILVA, R. B. D., JUNIOR, D., SILVA, F. A. D. M., & FOLE, S. M. (2003). O tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um Latossolo dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 973-983.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.30, n 5, p.759-801, 2000.

SOARES, G. A. D. (2005). O calcanhar metodológico da ciência política no Brasil. **Sociologia, problemas e práticas**, (48), 27-52.

TAVARES FILHO, J., BARBOSA, G. M. C., GUIMARÃES, M. F., & FONSECA, I. C. B. (2001). Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25(3), 725-730.