



UNICESUMAR – UNIVERSIDADE CESUMAR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CAMPUS MARINGÁ

**MONITORAMENTO DA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO EM DUAS
MEGAPARCELAS NA REGIÃO DE CIANORTE - PR**

MAIARA MARLIER PEREIRA DA SILVA

MARINGÁ – PR

2021

MAIARA MARLIER PEREIRA DA SILVA

**MONITORAMENTO DA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO EM DUAS
MEGAPARCELAS NA REGIÃO DE CIANORTE - PR**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em
Agronomia da UNICESUMAR –
Universidade Cesumar como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel(a) em
Agronomia, sob a orientação da Prof.^a. Dr.^a.
Anny Rosi Mannigel.

MARINGÁ – PR

2021

MAIARA MARLIER PEREIRA DA SILVA

**MONITORAMENTO DA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO EM DUAS
MEGAPARCELAS NA REGIÃO DE CIANORTE - PR**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da UNICESUMAR –
Universidade Cesumar como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em
Agronomia, sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Anny Rosi Mannigel.

Aprovado em: 10 de novembro de 2021.

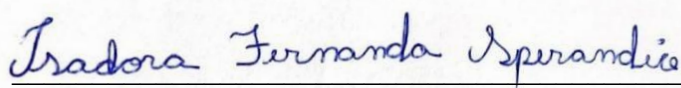
BANCA EXAMINADORA



Profª Drª. Anny Rosi Mannigel



Profª Drª. Aline Maria Orbolato Gonçalves Zuliani



Engenheira Agrônoma - Isadora Fernanda Sperandio

MONITORAMENTO DA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO SOLO EM DUAS MEGAPARCELAS NA REGIÃO DE CIANORTE - PR

Maiara Marlier Pereira da Silva

RESUMO

A compactação do solo é um problema comum em grande parte dos solos agricultáveis. Sabe-se que, muitos fatores podem influenciar no depauperamento do solo, tornando-o degradado e menos produtivo. Assim sendo, considerando a importância de um solo saudável para o desenvolvimento adequado das plantas, é necessário o uso de medidas para amenizar esta situação. O objetivo desse trabalho foi avaliar o grau de resistência à penetração do solo (RP) em duas situações, em áreas com e em áreas sem construções de terraços, e também analisar se houve redução da RP influenciada pelos terraços. O experimento foi conduzido através da metodologia de megaparcels, sendo utilizadas duas destas para este trabalho, com dois tratamentos, sendo eles T1 (com terraço) e T2 (sem terraço). Cada tratamento possuiu 34 pontos (repetições) e cada ponto foi analisado até 60 cm de profundidade, com o auxílio do penetrômetro modelo PenetroLog PLG2040, da marca Falker. Posteriormente, foram obtidas médias para as seguintes camadas de profundidade do solo: 0 a 5, 5 a 10, 10 a 15, 15 a 20, 20 a 25, 25 a 30, 30 a 35, 35 a 40, 40 a 45, 45 a 50, 50 a 55 e 55 a 60. Não houve diferença entre os tratamentos em grande parte das camadas, no entanto, observaram-se valores de RP (resistência à penetração) acima do limite crítico para o desenvolvimento das raízes 2,2 MPa, principalmente nas camadas mais profundas do solo.

Palavras-chave: Compactação do solo. Impedimento mecânico. Penetrometria.

MONITORING OF RESISTANCE TO SOIL PENETRATION IN TWO MEGAPLOTS IN THE REGION OF CIANORTE – PR

ABSTRACT

Soil compaction is a common problem in most agricultural soils. It is known that many factors can influence the land depletion, making it degraded and less productive. Thus, considering the healthy soil importance for healthy plant growth, it is necessary to take measures in order to ease this situation. The aim of this work was to evaluate the degree of resistance to soil penetration (PR) in two conditions, in areas with and in areas with no terrace constructions, as well as to analyze if there was a reduction of PR influenced by the terraces. The experiment was carried out using the megaplot methodology and two megaplots were used for this work with two treatments, P1 (with terracing) and P2 (without terracing). Each

treatment had 34 points (repetitions) and each one was analyzed up to 60 cm of depth with the aid of the PenetroLog PLG 2040 penetrometer model, Falker brand. Later, the averages for the following soil depth layers were obtained (0 to 5,5 to 10,10 to 15,15 to 20,20 to 25,25 to 30,30 to 35,35 to 40,40 to 45,45 to 50,50 to 55 and 55 to 60). There was no difference between the treatments in most of the layers, but PR (penetration resistance) values above the critical limit for the 2,2MPa root growth were observed, especially in deeper layers of the soil.

Keywords: Soil compaction. Mechanical impediment. Penetrometry.

1 INTRODUÇÃO

Buscando atender à crescente demanda de alimentos, produtores adotaram novas tecnologias na atividade agrícola, a fim de elevar sua produtividade e suprir as necessidades do aumento na demanda por alimentos e alcançar maior rentabilidade. No entanto, a intensificação das atividades agrícolas pode favorecer a ocorrência de danos no solo podendo ser percebidos em curto ou longo prazo. Um dos grandes problemas observados em solos agricultáveis é a compactação do solo e o processo erosivo, além da intensa mecanização e, pisoteio por animais (ALBUQUERQUE *et al.*, 2001) também é um fator considerado de grande relevância sob a degradação física do solo.

O intenso tráfego de máquinas promove pressão sobre o solo. Segundo Machado (2003) esta prática é um fator de grande interferência sob as características do solo e de grande potencialidade na alteração das propriedades físicas, capaz de reduzir os números de poros e infiltração, aumentando a densidade, tornando-o mais compacto e dificultando o desenvolvimento radicular das plantas. A compactação do solo é um processo no qual ocorre diminuição da porosidade, permeabilidade e o aumento da resistência, devido a ação de cargas ou pressões sobre o solo (CUNHA *et al.*, 2009).

O crescimento das plantas pode sofrer interferência conforme as condições da estrutura do solo, refletindo em alterações como o alongamento das raízes, para que consigam obter água e nutrientes e suprir suas necessidades (MÜLLER *et al.*, 2001). Entretanto, solos compactados formam uma espécie de barreira que dificulta o desenvolvimento radicular profundo, favorecendo o desenvolvimento superficial, reduzindo a infiltração de água e consequentemente contribuindo para o processo erosivo, uma vez que as raízes exploram um volume menor de solo, aumentando os riscos de deficiência hídrica e nutricional (MORAES *et al.*, 1995), podendo comprometer sua sobrevivência sob condições de estresse.

O aumento nos casos de solos considerados degradados ou em fase de degradação é um fator preocupante, porque nossa alimentação depende exclusivamente, de forma direta ou indireta do mesmo. Desta forma, identificar as causas que interferem na qualidade do solo é de extrema importância para que possam ser impostas medidas capazes de intervir no depauperamento do solo. Em pesquisa realizada pela Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2018) revela-se que ao menos 33% dos solos do mundo estejam degradados. Os principais fatores da degradação são: erosão, compactação, salinização, desequilíbrio nutricional, entre outros, (MENDONÇA, 2015).

A resistência à penetração é um fator de destaque no que tange a identificação da compactação do solo, relacionada ao desenvolvimento das plantas em função do efeito que exerce sob o metabolismo e suas funções vitais (PORTO *et al.*, 2020). Além dos sintomas apresentados pela cultura, como crescimento lento das plantas, crescimento lateral das raízes e plantas pequenas (FALKER, 2021), a compactação do solo ainda pode ser verificada através de aparelhos específicos.

Os penetrômetros são equipamentos capazes de avaliar a resistência à penetração (RP) de diferentes camadas do solo, muito utilizado para determinar a resistência mecânica sob o crescimento radicular (FALKER, 2021). Por meio dos penetrômetros é possível identificar pontos compactados de uma área, capazes de prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, além disso, fazer o levantamento das condições do solo é muito importante, pois auxilia em uma tomada de decisão mais assertiva.

O uso de práticas conservacionistas é um grande aliado na preservação ou recuperação de áreas degradadas, no entanto, ainda falta conscientização de alguns profissionais envolvidos com a atividade agrícola, sob a necessidade de cuidar deste bem. O terraceamento é uma das técnicas mais antigas utilizadas na agricultura, a fim de reduzir o escoamento superficial do solo e ainda direcionar o movimento das águas diminuindo sua velocidade (MIRANDA *et al.*, 2004). Estudos comprovam a eficácia desta prática, indicando que há redução nas perdas de solo entre 70 a 80 % e até 100% da água (PIRES; SOUZA, 2006).

Tendo em vista a essencialidade dos solos para o nosso meio, torna-se necessário realizar operações com intuito de preservá-los e evitar o comprometimento de sua capacidade produtiva. Aderir ao uso de práticas conservacionistas em áreas degradadas ou não, é uma forma de contribuir para sua preservação. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi analisar o grau de resistência à penetração em área com e sem terraceamento e averiguar se houve influência dos terraços na diminuição nos valores da resistência à penetração do solo.

2 DESENVOLVIMENTO

O trabalho foi desenvolvido em área rural localizada no município de Cianorte/PR, sob as coordenadas geográficas com latitude de -23°62'S, longitude -52°66'W. O solo estudado é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico, de textura franco arenosa. O monitoramento do solo ocorreu em duas megaparcelsas, sendo utilizado um

tratamento em cada. Este experimento teve como base o sistema utilizado pela REDE AGROPESQUISA. Cada megaparcela possui 2 (dois) hectares, sendo que no primeiro tratamento T1 (com terraceamento) houve a construção de terraços, já no segundo tratamento T2 (sem terraceamento) não houve construção de terraços (Figura 1). Posteriormente, com cultivo mínimo foi implantada a cultura da soja (*Glycine max* L.), sendo conduzida até o final do ciclo. Os grãos foram colhidos e a palhada resultante da colheita foi deixada no local. O solo passou por um período de pousio desde a colheita até coleta dos dados, devido ao fato de que o produtor pretendia cultivar mandioca (*Manihot esculenta*), no entanto, aguardava a ocorrência de chuvas para realizar o plantio.

Figura 1 – Parte da área da coleta dos dados, sem terraço.



Os dados foram coletados para determinação da resistência à penetração (RP) com auxílio de 2 penetrômetros modelo PenetroLog PLG 2040 da marca Falker (Figura 2 e 3), sendo utilizado um aparelho para cada tratamento. A coleta dos dados ocorreu no mês de junho de 2021, no período da manhã em pontos georreferenciados. Os penetrômetros foram configurados para registrar leituras a cada 1 cm de acréscimo de profundidade, sob velocidade constante até a profundidade máxima de 60 cm.

Figura 2 e 3 - Etiqueta de identificação do penetrômetro penetrológ FALKER utilizado na megaparcela com terraço (1) e sem terraço (2).



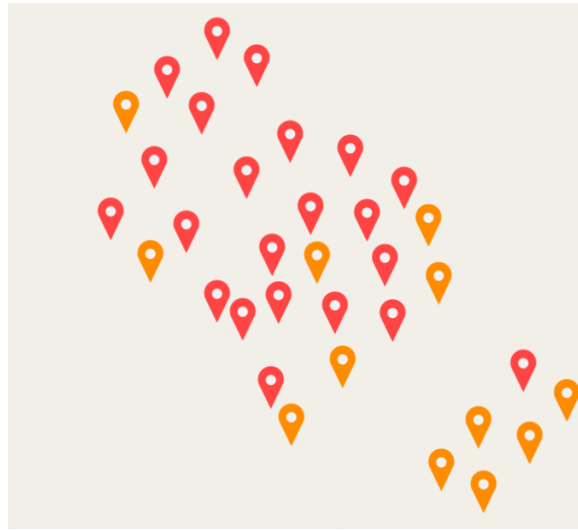
A chapa de aço com furo central que compõe o equipamento foi posicionada ao chão nos pontos estipulados para receber a perfuração da haste até 60 cm (Figura 4). A leitura foi realizada em velocidade constante, o aparelho conta com um sensor, o qual indica que a profundidade máxima foi atingida, e ainda se a velocidade está fora de padrão. O aparelho é capaz de armazenar os dados possibilitando uma conexão direta para computadores.

Figura 4 – Demonstração do posicionamento do aparelho para realização da leitura.



O penetrômetro da marca Falker registra valores a cada 1 (um) cm de perfuração em kPa (quilopascal). Cada tratamento conta com 34 pontos de coleta, ou seja, cada tratamento gera 34 gráficos, registrando até 60 dados. As quantidades desses valores variam de acordo com a resistência à penetração de cada ponto. Os dados armazenados no equipamento foram transferidos para o sistema de processamento de dados da Falker, um software de fácil utilização, sendo que, os pontos coletados são representados através de gráficos e detalhados através do sequenciamento dos pontos por ilustrações (Figura 5), facilitando a interpretação dos dados das leituras.

Figura 5 – Ilustração do sequenciamento dos pontos coletados na megaparcela, cada marcação detalha a leitura



Os dados de cada amostra foram transferidos para uma tabela, a fim de obter as médias a cada 0,5 cm de profundidade, intervalo ao qual pretende-se analisar. O penetrômetro disponibiliza os valores em kPa (quilopascal), porém, o intuito é trabalhar com valores em Mpa conforme analisado em outros trabalhos. Os mesmos foram distribuídos em tabelas conforme as camadas analisadas (0 a 5, 5 a 10, 10 a 15, 15 a 20, 20 a 25, 25 a 30, 30 a 35, 35 a 40, 40 a 45, 45 a 50, 50 a 55 e 55 a 60) e multiplicados pela constante 0,001 para serem transformados em megapascal.

Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância. Em seguida as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância, com auxílio do software Sisvar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 é apresentada uma classificação referente aos valores de resistência à penetração (RP). Esses valores são usados como referência para classificar os valores da resistência à penetração (RP), obtidos em campo que estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 – Classificação da resistência do solo à penetração (RP)

Classe	Resistência à penetração (RP)
Extremamente baixa	< 0,01
Muito baixa	0,01 a 0,1
Baixa	0,1 a 1,0
Moderada	1,0 a 2,0
Alta	2,0 a 4,0
Muito alta	4,0 a 8,0
Extremamente alta	> 8,0

Adaptadas de Soil Survey Staff (1993), citadas por (Arshad et al.,1996).

Conforme os dados da Tabela 2 observa-se que não houve diferença significativa entre grande parte dos dados para os dois tratamentos T1 e T2. Este fato pode estar relacionado com o período de tempo relativamente curto de condução do experimento. Esse tempo foi insuficiente para constatar diferenças consideráveis nos tratamentos. No entanto, isso não quer dizer que futuramente não tenhamos resultados distintos e mais satisfatórios que os atuais, uma vez que a área será avaliada durante 4 (quatro) anos, período que compreende a duração do projeto da REDE AGROPESQUISA Paraná na Mesoregião Noroeste, à qual as megaparcels pertencem.

Tabela 2 – Resistência à penetração (RP) em duas megaparcels sob diferentes profundidades e com dois tratamentos (T1 com terraço/ T2 sem terraço) em Cianorte - PR

Prof. (cm)	Tratamentos		CV (%)
	T1	T2	
0 a 5	0,203 a	0,153 a	102,3
5 a 10	0,780 a	0,538 b	67,02
10 a 15	1,601 a	1,301 a	57,71

15 a 20	2,192 a	1,965 a	45,01
20 a 25	2,486 a	2,354 a	43,80
25 a 30	2,824 a	2,726 a	43,73
30 a 35	3,037 a	2,993 a	45,92
35 a 40	2,887 a	3,220 a	45,85
40 a 45	2,561 a	3,272 b	46,08
45 a 50	2,249 a	3,000 b	50,31
50 a 55	2,092 a	2,500 a	57,77
55 a 60	1,858 a	1,990 a	66,46

*Médias seguidas de letras distintas na mesma linha, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott.

Na camada de 0 a 5 cm de profundidade, a resistência à penetração (RP) é classificada como baixa (Tabela 1), não havendo diferença significativa entre os tratamentos, diferindo do resultado esperado, já que, para as camadas superficiais (0 a 5; 5 a 10) esperavam-se valores de RP maiores em função do tráfego de máquinas pesadas na área, que exercem pressão mais acentuada nas camadas superiores e consequentemente aumentando o adensamento do solo. Esses resultados contrariam os do autor Cunha *et al.* (2009), observando impacto maior nas camadas superficiais do solo devido ao tráfego de máquinas.

Entretanto, os resultados obtidos neste nível assemelham-se aos do autor Braida *et al.* (2006) que buscando alternativas para justificar tais resultados observou-se que a palhada presente na superfície do solo é capaz de eliminar parte da energia gerada pelo impacto das rodas dos maquinários, criando uma espécie de proteção, e consequentemente reduzindo a compactação das primeiras camadas. Fazem parte do histórico de cultivo desta área as seguintes espécies: mandioca (*Manihot esculenta*) e soja (*Glycine max* L.), contribuindo por sua vez, com o acúmulo de material vegetal na superfície do solo, favorecendo a redução do impacto dos rodados sobre o mesmo.

Nas camadas de 5 a 10 cm de profundidade os valores de RP (resistência à penetração) diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2). Mesmo assim, ficaram abaixo do nível crítico para desenvolvimento radicular. Segundo Valadão Junior (2013) os valores de níveis críticos de RP variam entre 1,5 a 4,0 Mpa. No entanto, foi definido um valor fixo mais aceitável capaz de restringir o crescimento radicular. Para Magalhães *et al.* (2001) este valor é de 2,2 MPa, porém, conforme observado em outros trabalhos, este índice pode ser minimamente aumentado. Com base nos dados obtidos, estas camadas se classificam com

baixa RP. Resultados similares foram obtidos por Iaia *et al.* (2005), em trabalho realizado para verificar a RP em solos cultivados com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), verificando o autor que, estes resultados estão relacionados às características do solo, tais como teor de areia e ainda o fluxo de máquinas na área.

Entre as camadas de 10 a 15 cm de profundidade não houve diferença significativa, sendo as variáveis classificadas com RP moderada. A partir destas camadas é possível observar variação nos valores de RP, crescendo gradativamente conforme se aprofunda o perfil do solo e conseqüentemente, acarretando em classificações mais acentuadas de RP para as camadas mais profundas. Analisando os valores das camadas 0 a 5; 5 a 10 e 10 a 15, os mesmos se encontram abaixo do nível considerado crítico (2,2 MPa) para o desenvolvimento do sistema radicular (Magalhães *et al.*, 2001). Diante disso, espera-se que o desenvolvimento do sistema radicular, ao menos nessas camadas, não seja prejudicado pela compressão do solo, mesmo assim caso haja interferência, a mesma será incapaz de comprometer o desenvolvimento normal das raízes, bem como de suas funções vitais.

Ocorreu ampla variação nos valores da RP a partir das camadas de 15 a 20 cm, estendendo-se entre as demais camadas 20 a 25; 25 a 30; 30 a 35 até 35 a 40 cm de profundidade, diferindo dos resultados obtidos por Neiro *et al.* (2003), constatando decréscimo nos valores de RP a partir de 20 cm de profundidade, relacionando este fato à probabilidade da alta umidade poder influenciar no resultado. Entretanto, um aumento significativo nos valores nas camadas mais profundas também foi observado em um dos tratamentos conduzidos por Iaia *et al.* (2005), relacionando tal fato à textura do solo, destacando a propensão de solos arenosos apresentarem maior RP em camadas mais profundas, em função da deposição das partículas de menor diâmetro. Ainda, Roboredo *et al.* (2010) relaciona essas circunstâncias ao manejo e preparo do solo, relatando que estes são capazes de influenciar sob a RP em profundidade. Não houve diferença significativa entre os dois tratamentos nessas camadas (20 a 25; 25 a 30; 30 a 35 e 35 a 40), porém, conforme abordado em literaturas, os valores da RP presentes entre essas camadas podem interferir no desenvolvimento radicular das plantas, já que, encontram-se acima do valor considerado crítico 2,2 MPa (Magalhães *et al.*, 2001).

Ainda sobre as camadas de 15 a 20 cm de profundidade, verifica-se uma diferença entre os tratamentos, no que diz respeito à classificação da RP, onde T1 é considerada alta e T2 moderada, já as demais de (20 a 40 cm de profundidade) possuem uniformidade na classificação da RP sendo consideradas altas.

Já nas camadas de 40 a 45 e 45 a 50 cm de profundidade, as variáveis apresentaram diferença significativa entre si, apresentando valores que as classificam em RP alta, assim como as camadas anteriores de 20 a 40 cm de profundidade. Foi possível observar que os maiores registros da RP deste trabalho concentram-se nas camadas mais profundas. Resultados semelhantes foram observados por Dalben *et al.* (2008), avaliando a RP notou aumento nos valores da RP em maiores profundidades, relacionando este fato a ação de fatores pedogenéticos, decorrentes da evolução do solo, que podem provocar o adensamento de camadas mais profundas.

Entre as camadas de 50 a 55 e 55 a 60 cm de profundidade é possível observar uma variação considerável entre os valores, passando a classificação da RP de alta para moderada, não havendo diferença significativa. Fato semelhante foi observado por Santos *et al.* (2015), com valores menores de RP na camada de 50 a 60 cm de profundidade em áreas com diferentes culturas anuais.

Mesmo não havendo diferença significativa entre os dois tratamentos, observa-se que, a área apresenta na maioria dos pontos, camadas com níveis de RP acima dos limites considerados críticos para o desenvolvimento radicular 2,2 MPa (Magalhães *et al.*, 2001), exceto para as camadas de (0 a 5; 5 a 10 e 10 a 15), em T1 a camada com maior impedimento mecânico está entre 30 a 35 cm de profundidade com 3.037 MPa, já em T2 esteve entre 40 a 45 cm de profundidade com 3.220 MPa. Segundo Santos *et al.* (2015) valores classificados como críticos prejudicam o desenvolvimento das raízes, afetando a produtividade. Freddi *et al.* (2007) constataram que houve alterações morfológicas do sistema radicular, além de queda na produtividade do milho (*Zea mays*), com RP de 1,0 a 5,7 MPa, no entanto, sem impossibilitar o enraizamento.

Outro item em evidência presente na (Tabela 2) é o coeficiente de variação (CV) que em todas as camadas apresentaram variáveis altas. Os autores (IMHOFF *et al.*, 2000 e TORMENA *et al.*, 1998) também obtiveram coeficiente de variação considerados altos ao analisar a RP. De acordo com Pimentel-Gomes (1991) para a experimentação agrícola CV acima de 20% são tidos como alto, considera-se que, a classificação de CV é inversamente proporcional à classificação de precisão do experimento. No entanto, Cruz *et al.* (2012) pontuam que a carência de tabelas com classificações específicas para diferentes condições experimentais, bem como para a variável resposta, é um empecilho para a classificação de experimentos, no que diz respeito à sua precisão. Outro ponto importante observado na literatura é sobre a interferência de CV com valores altos nos resultados do experimento, ou seja, a presença de CV elevado favorece resultados sem diferença estatística, conforme

mentionado por Drescher *et al.* (2012), o trabalho desenvolvido por Ribon *et al.* (2008) sobre RP também apresentou valores elevados para o coeficiente de variação. Desta forma os valores de CV deste trabalho assemelham-se aos dos autores citados acima.

3 CONCLUSÃO

A prática do terraceamento não influenciou na redução da RP, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. No entanto, espera-se que nos próximos anos, com o decorrer do projeto, possamos verificar uma diferença mais expressiva e positiva nos tratamentos.

As camadas da superfície apresentaram menores índices de RP comparada às da subsuperfície para os dois tratamentos, ao longo do perfil do solo. A maior parte das médias da RP ficaram acima dos limites tidos como críticos para o desenvolvimento radicular. Deste modo, a zona de maior impedimento mecânico para o crescimento das raízes se concentraram nas camadas mais profundas do solo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 717- 723, abril. 2001.

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/vMcctCf3qRKJ4BD94qJzpSr/?format=pdf&lang=pt>

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M da.; REINERT, D. J. Redisuos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 605 - 614, agosto. 2006.

CUNHA, J.P.A.R da.; CASCÃO, V.N.; REIS, E.F dos. Compactação causada pelo tráfego de trator em diferentes manejos de solo de solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 31, n. 3, p. 371-375, 2009.

CRUZ, E.A.; MOREIRA, G.R.; PAULA, M.O.; OLIVEIRA, A.C.M. Coeficiente de variação como medida de de precisão em experimentos com tomate em ambiente protegido. **Revista enciclopédia biosfera - Centro científico conhecer** – Goiânia. v. 8, n. 14, p. 220 – 233, 2012.

DALBEN, A.D.; OSAKI, F. Atributos físicos de um cambissolo háplico em floresta nativa de *Pinus taeda*. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e ambientais**. V. 6, n. 1, p. 29 – 37, jan – mar. 2008.

DRESCHER, M.S.; ELTZ, F.L.F.; DENARDIN, J.E.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G.L. Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em latossolo vermelho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1836 - 1844, 2012.

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**, v. 31, p. 627 - 636, 2007.

GOMES, F.P. O índice de variação, um substituto vantajoso do coeficiente de variação. **Instituto de pesquisas e estudos florestais. Circular técnica nº 178, 1991**. Disponível em < <https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr178.pdf>>. Acesso em 26-08-2021.

IAIA, A. M.; MAIA, J.C.S.; KIM, M. E. Uso do penetrometro na avaliação da resistência do solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n. 2, p. 523–530, 2006.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle de qualidade física de um solo sob pastagem. **Revista pesquisa agropecuária brasileira**, v.35, n. 7, p. 1493–1500, 2000.

MACHADO, P. L., O, A. **Compactação do solo e crescimento de plantas: como identificar, evitar e remediar**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS/11604/1/doc56_2003_compactacao_sol_o.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2021.

MAGALHÃES, R. T.; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, I. P. **Evolução das propriedades físicas de solos submetidos ao manejo do sistema barreira**. Disponível em < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/28464/1/pat31n1Magalhaes.pdf>>. Acesso em 25-08-2021

MENDONÇA, M. L. Mudanças climáticas ILPF Agricultura de Baixo Carbono. **Relatório da FAO com participação da EMBRAPA revela que 33% dos solos do mundo estão degradados**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8104410/relatorioda-fao-com-participacao-da-embrapa-revela-que-33-dos-solos-do-mundo-estaodegradados#:~:text=Documento%20da%20Organiza%C3%A7%C3%A3o%20das%20Na%C3%A7%C3%B5es,solos%20do%20mundo%20est%C3%A3o%20degradados>. Acesso em: 08 de jun. 2021.

MIRANDA, J. H.; DUARTE, S.N.; SILVA, K.O.; VAN LIER, Q. J.; VILLA NOVA, N.A. Dimensionamento de terraços de infiltração pelo método do balanço volumétrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, p.169-174. mar 2004.

MORAES, M.H.; BENEZ, S.H.; LIBARDI, P.L. **Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja.** *Bragantia*, Campinas, v.54, n.2, p.393-403, 1995.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p.531-538, 2001.

NEIRO, E.S.; MATA, J.D.V.; TORMENA, C.A.; GONÇALVES, A.C.A.; PINTRO, J.C.; COSTA, J.M. Resistencia a penetração de um latossolo vermelho distroférrico, com rotação e sucessão de cultura, sob plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n.1, p. 19 – 25, 2003

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água.** 2º ed. Viçosa. p. 216. 2006.

PORTO, D.W. B.; JUNIOR, E. N.; FRANÇA, A. C.; ARAÚJO, F. H. V.; ROCHA, W. W. Atributos físicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas. **Brazilian Journal of Development.** Curitiba, v. 6, n. 7, p. 46222-46234, jul. 2020.

RIBON, A.A.; TAVARES FILHO, J. Estimativa da resistência mecânica a penetração de um latossolo sob cultura perene no norte do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1817-1825, 2008.

ROBOREDO, D.; MAIA, J.C.; OLIVEIRA, O.J.; ROQUE, C.G. **Uso de dois penetrometros na avaliação da resistência mecânica de um latossolo vermelho distrófico.** Disponível em < <https://www.scielo.br/j/eagri/a/rLfHTRsXdySDGqWfyrhVmgv/?format=pdf&lang=pt.>> Acesso em 25-08-2021.

SANTOS, M.H.F.; KIBON,A.A.; FERNANDES,K.L.; SILVA, O.C.C.; OLIVEIRA, L.C.; SILVA, A.A. Estimativa da compactação através da resistência do solo a penetração sob diferentes culturas e mata nativa. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia, periódico semestral**, n. 27, jul 2015.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 573 - 581, 1998.

VALADÃO JUNIOR, D.D. Resistencia do solo a penetração em corpos de prova curados. Disponível em: <<https://www.ufmt.br/ppgat/images/uploads/Disserta%C3%A7%C3%B5es-Teses/Teses/2013/DANIEL%20DIAS%20VALAD%C3%83O%20J%C3%9ANIOR.pdf>>. Acesso em 01-09-2021.

