

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UniEVANGÉLICA  
CURSO DE AGRONOMIA**

**COMPACTAÇÃO DO SOLO NOS DIFERENTES MANEJOS  
EMPREGADOS NA FAZENDA ESCOLA DA UniEVANGÉLICA**

**Mariana de Lourdes Barreto**

**ANÁPOLIS-GO  
2019**

**MARIANA DE LOURDES BARRETO**

**COMPACTAÇÃO DO SOLO NOS DIFERENTES MANEJOS  
EMPREGADOS NA FAZENDA ESCOLA DA UniEVANGÉLICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário de Anápolis- UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

**Área de concentração:** Física do Solo

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Fabiana Alves Rezende

**ANÁPOLIS-GO  
2019**

Barreto, Mariana de Lourdes

Compactação do solo nos diferentes manejos empregados na fazenda escola da UniEVANGÉLICA / Mariana de Lourdes Barreto. – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2019.

Número de páginas: 24

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Fabiana Alves Rezende

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2019.

1. Manejo Inadequado 2. Resistência do solo à penetração 3. Latossolo Vermelho I. Mariana de Lourdes Barreto. II. Compactação do solo nos diferentes manejos empregados na fazenda escola da UniEVANGÉLICA.

CDU 504

MARIANA DE LOURDES BARRETO

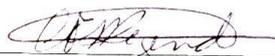
COMPACTAÇÃO DO SOLO NOS DIFERENTES MANEJOS EMPREGADOS  
NA FAZENDA ESCOLA DA UniEVANGÉLICA

Monografia apresentada ao Centro  
Universitário de Anápolis  
UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Física do Solo

Aprovada em: 17 de junho de 2019.

Banca examinadora



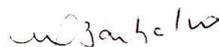
---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Cláudia Fabiana Alves Rezende  
UniEvangélica  
Presidente



---

Prof. Dr. João Maurício Fernandes Souza  
UniEvangélica



---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Maria Gonçalves da Silva Barbalho  
UniEvangélica

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente em todas as horas de angústia, ao meu pai Fábio Barreto, minha mãe Eriete Barreto, minhas irmãs Melinna, Ana Carolina, Natália e Letícia, aos meus sobrinhos Miguel, Emanuel e Luísa e ao meu noivo Eric, por estar sempre ao meu lado em todos os momentos da minha vida!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus desde o primeiro momento em que fui abençoado ao ser aprovado no vestibular. Obrigada por me transmitir força, foco e fé que me acompanharam ao longo desses anos e que não me permitiram desistir. Serei eternamente grata à Deus por todas as bênçãos sobre a minha família e por proporcionar tranquilidade aos corações daqueles que acompanharam a minha trajetória acadêmica.

Agradeço à minha mãe Eriete que sempre esteve ao meu lado e foi a minha maior incentivadora. Ao meu Pai Fábio que batalhou por anos para proporcionar a melhor educação para seus filhos. Às minhas irmãs Melinna, Ana Carolina, Letícia e Natália que acreditaram no meu sonho e me deram forças todos os dias. Aos meus sobrinhos Miguel, Emanuel e Luiza que renova minha alegria todos os dias, sem vocês nada sou. Ao meu noivo Eric, obrigado pelo seu companheirismo, pela força, atenção, carinho e paciência. Aos meus cunhados, Heldon e Diego, por me incentivar e me apoiar em toda a minha vida. À minha madrasta querida, Débora pelo seu carinho, respeito e cumplicidade.

Agradeço aos meus queridos mestres que se dedicaram a ensinar e compartilhar todo o seu conhecimento, sem vocês nada disso seria possível. Um agradecimento especial à professora Cláudia Rezende que fez toda a diferença na orientação da minha monografia, você é muito especial e tem a minha eterna admiração.

Agradeço ao Centro Universitário de Anápolis, UniEVANGÉLICA, que me deu a oportunidade de cursar nesta renomada instituição. Obrigada por proporcionar um ambiente saudável para todos os alunos, além de estimular a criatividade, a interação e a participação nas atividades acadêmicas. Sou grato a todo corpo docente, à direção e administração dessa instituição. Agradeço a todos os mestres do curso de Agronomia que compartilharam seus conhecimentos em sala de aula e acompanharam a minha jornada enquanto universitária.

“O segredo da vida é o solo, porque do solo dependem as plantas, a água, o clima e nossa vida. Tudo está interligado. Não existe ser humano sadio se o solo não for sadio”

Ana Primavesi

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>vii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
2.1. MANEJO DE SOLOS E COMPACTAÇÃO .....	10
2.2. CAUSAS DA COMPACTAÇÃO DO SOLO .....	11
2.2.1. Manejos de preparo do solo.....	11
2.2.2. Circulação de máquinas agrícolas .....	12
2.2.3. Textura do solo .....	13
2.2.4. Densidade do solo .....	13
2.2.5. Dificuldade de penetração .....	14
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>18</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>26</b>

## RESUMO

A modificação de ecossistemas naturais acontece na medida em que vão sendo alterados por atividades direcionadas para destinações industriais ou produção de alimentos, ocasionando em uma degradação e compactação, resultante de uso e manejo inadequado do solo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a presença de camadas compactadas, sob diferentes manejos de preparo do solo, na fazenda Escola da UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO. O experimento foi conduzido na Unidade Experimental do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. Para determinar o grau de compactação da área foi utilizado o penetrômetro de impacto (modelo IAA/Planalsucar-Stolf). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e determinado três pontos aleatórios (profundidade de 0,0-0,50 m) para coleta de dados dentro de sete áreas com manejos diferentes, sendo três com manejo convencional e quatro com Sistema de Plantio Direto. O solo predominante nas áreas é o Latossolo Vermelho. Analisando os resultados da resistência do solo à penetração, obtidos com o penetrômetro de impacto, pode-se observar que não houve diferença significativa para a resistência à penetração entre o manejo convencional e o SPD, até a profundidade de 0,25 m. Observa-se que, em todas as áreas, os resultados obtidos para a camada de 0,0-0,35 m são considerados extremamente compactados e para a camada de 0,40-0,50 m são considerados muito compactados, tendo em vista que a resistência à penetração acima de 2,00 MPa é considerada um empecilho para o crescimento e desenvolvimento das raízes no solo. Tendo em vista os resultados obtidos, e, considerando que as áreas estão compactadas, algumas medidas corretivas devem ser tomadas. Neste intuito, sugerem-se algumas práticas com a finalidade de se prevenir e/ou aliviar a compactação: diminuir a movimentação de máquinas e equipamentos pesados sobre o solo; confinar a execução das operações de preparo do solo, semeadura, tratos culturais e colheita às épocas em que o solo estiver menos sensível à compactação; realizar periodicamente a descompactação do solo com auxílio de subsoladores e escarificadores; implantação de culturas que sejam benéficas às propriedades físicas do solo (adubação verde) e rotação de culturas.

**Palavras-chave:** Manejo Inadequado; Resistência à Penetração; Latossolo Vermelho.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da modernização agrícola e aumento da população mundial, a necessidade de produção de alimentos se tornou algo imprescindível, com isso a introdução de sistemas agrícolas em substituição a florestas tem se tornado crescente. A história do uso do solo mostra que a modificação no ambiente nem sempre dá lugar a um novo sistema ecológico sustentável, seja de lavouras ou pastagens. No entanto, solos utilizados intensamente, e de maneira inadequada, são levados a degradação (ALVES, 2001).

Com a introdução e avanço de sistemas agrícolas em substituições às florestas, a retirada da cobertura vegetal original para a implantação de culturas, juntamente com práticas de manejo inadequadas dessas áreas, gera o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, que, conseqüentemente, modifica as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, limitando de certa forma a sua utilização agrícola, de modo geral, o solo mantido em seu estado natural, apresenta características físicas que proporcionam um melhor desenvolvimento vegetal (CENTURION et al., 2001).

Algumas práticas de manejo do solo e das culturas, geram alterações significantes nas propriedades físicas do solo, podendo ser permanentes ou temporárias. Assim, o interesse em avaliar a qualidade física do solo tem sido de extrema importância por ser considerado um componente fundamental na manutenção e/ou sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola (LIMA, 2004).

A degradação do solo é induzida pela influência humana, sendo que, os principais agentes são as práticas agrícolas inadequadas, incluindo o pastoreio intensivo, a superutilização de culturas anuais e o desmatamento desnecessário, ou seja, toda forma de agricultura causa modificações no balanço e fluxos dos ecossistemas pré-existentes (SPAROVEK et al., 2010).

De acordo com Topp et al. (1997), Schoenholtz et al. (2000) e Singer; Ewing (2000), os atributos amplamente utilizados como indicadores da qualidade física do solo são aqueles que levam em consideração a profundidade efetiva de enraizamento, a porosidade total e a distribuição e tamanho dos poros do solo, a distribuição e tamanho das partículas, a densidade do solo, a resistência do solo em relação à penetração de raízes, o intervalo hídrico ótimo, o índice de compressão e a estabilidade dos agregados. As modificações das propriedades físicas do solo, ocasionado pelo mal manejo do sistema agrícola, resultam em decréscimo de produção,

aumento da suscetibilidade do solo a sofrer erosão e o aumento da potência para preparo do solo (CANILLAS; SALOKHE, 2002).

A compactação do solo é um processo decorrente do manejo inadequado e manipulação extensiva do solo, que influi diretamente em todos os atributos utilizados como indicadores da qualidade física do solo, ou seja, em solos compactados o número de macroporos é reduzido e a densidade é maior, o que, em solos secos proporciona maior resistência física ao crescimento das raízes e a queda no potencial de água disponível, e, em solos úmidos, gera uma falta de oxigênio e altas concentrações de etileno na zona radicular, devido à menor aeração (MARSCHNER, 1995). De acordo com Flowers; Lal (1998), a principal causa da compactação em solos é o tráfego de máquinas e implementos agrícolas em operações de preparo do solo, semeadura, tratamentos culturais e colheita.

O resultado da compactação na planta começa na contenção ao crescimento radicular, com interferência do desenvolvimento da parte aérea e da produtividade. Possivelmente o sistema radicular seja o primeiro item da planta a sentir os resultados da compactação. Um solo pode até ser quimicamente bom, porém, quando ocorre a compactação, as plantas não se beneficiam corretamente dos nutrientes disponíveis, visto que o desenvolvimento de novas raízes fica prejudicado e é nelas que acontece a maior taxa de absorção. Além disto, com a compactação, reduz os espaços livres do solo e, como consequência, a quantidade de O<sub>2</sub> disponível na rizosfera, sendo capaz de limitar o desempenho dos processos metabólicos das plantas (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2000)

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a presença de camadas compactadas, nos diferentes manejos de preparo do solo, na fazenda Escola da UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO.

## **1. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. MANEJO DE SOLOS E COMPACTAÇÃO**

O solo é um importante recurso natural que sustenta a flora, fauna, atividades agropastoris, armazenamento da água e as edificações feitas pelo homem. É considerado um componente essencial para os agroecossistemas no qual acontece os processos e ciclos de transformações físicas, biológicas e químicas, que quando mal manejado causo a degradação de todo o ecossistema (STRECK et al., 2008), gerando riscos ambientais com impacto negativo sobre as comunidades rurais e repercussão no meio urbano (REICHERT et al., 2003). De acordo com Doran; Parkin (1994), o solo tem papel principal na manutenção da qualidade ambiental com efeitos locais, regionais e mundiais.

Um dos recursos naturais mais prejudicados pela modernização da agricultura é o solo. A ausência de conhecimento dos atributos e propriedades do solo, associada ao padrão monocultor intensivo e ao desprezo em relação às futuras gerações têm conduzido à aceleração da erosão física e biológica dos solos assim como a processos mais agressivos, como é o caso da desertificação, existente em várias áreas do Cerrado Brasileiro (BALSAN, 2006).

O termo compactação do solo relaciona-se ao procedimento que descreve o decréscimo de volume de solos não saturados quando uma estipulada pressão externa é aplicada, que pode ser causada pela movimentação de máquinas, implementos agrícolas ou tráfego de animais (LIMA, 2004). Para a Pedologia, a compactação é determinada como uma modificação no arranjo de suas partículas constituintes do solo (CAMARGO; ALLEONI, 1997). Canillas; Salokhe (2002) ressaltam que a compactação dos solos é um dos principais causadores da degradação dos solos agrícolas.

Acredita-se que um solo com resistência à penetração com variação de 1 a 3,5 MPa será capaz de restringir ou impedir o crescimento e desenvolvimento das raízes. Alguns cuidados devem ser respeitados nessa determinação para que não aconteça erros de interpretação. A resistência à penetração depende da umidade e densidade do solo e da distribuição do tamanho de partículas. Dessa forma, um solo seco ou mais denso expressa maior resistência quando comparado a um solo úmido ou menos denso (REICHERT, 2007).

Relacionar e explicar, com maior compreensão, o impacto da compactação no desenvolvimento radicular das plantas é importante ter conhecimento de um diagnóstico qualitativo (o arranjo espacial das estruturas no perfil do solo) e quantitativo (grau de compactação) ganha relevância, não só para ajudar na verificação da qualidade do manejo

desenvolvido, mas também para auxiliar a formação de limites de compactação que não prejudiquem o desenvolvimento radicular nos diferentes sistemas de manejo.

## 2.2. CAUSAS DA COMPACTAÇÃO DO SOLO

### 2.2.1. Manejos de preparo do solo

O preparo tem por finalidade favorecer as condições do solo para melhorar a germinação das sementes e o desenvolvimento e crescimento das plantas, auxiliar a mobilidade de água e ar, controlar plantas daninhas e, em algumas situações, contribuir no manejo dos resíduos culturais (LARSON; GILL, 1973). De outro modo, também retrata efeitos negativos, visto que, o preparo do solo reduz a rugosidade da cobertura do solo, pulveriza a superfície e produz camadas compactadas na subsuperfície (BERTOL, 1995), do mesmo modo que restringe o crescimento e desenvolvimento das raízes (SILVA et al., 2000).

De acordo com Klepker; Anghinoni (1995), os sistemas de preparo do solo influenciam na distribuição de nutrientes no perfil. Preparos com baixa movimentação do solo beneficiam a concentração de nutrientes na camada superficial, em contrapartida, os que movimentam mais profundamente o solo gera uma distribuição mais regular de nutrientes na camada arável.

Silva (1992) afirma que no preparo convencional do solo, a grade aradora é o equipamento mais usado. Geralmente a grade trabalha o solo à limitada profundidade e expressa alto rendimento de campo, contudo o uso constante desse implemento agrícola pode conduzir à formação de camadas compactadas, chamadas “pé-de-grade”. Os arados de disco e aiveca são implementos pouco usados, pois precisam de um maior tempo e uma energia para a sua operação (KOCHHANN; DENARDIM, 1997; KLUTHCOUSKI et al., 2000). De acordo com Saxon et al. (1988), a influência das práticas culturais na compactação de solo modifica a densidade do solo e por consequência a infiltração de água no perfil, principalmente nas áreas com acentuada mecanização, provocando um efeito negativo nas condições físicas e nos processos químicos e biológicos do solo.

## 2.2.2. Circulação de máquinas agrícolas

Essa é a principal causa da compactação do solo, que foi estimulada pela modernização da agricultura e suas tecnologias, com o aumento do peso das máquinas e implementos e da potência de uso do solo. Este processo foi auxiliado por um aumento proporcional do tamanho e largura dos pneus, originando em importantes modificações nas propriedades físicas do solo (RICHART et al., 2005).

As alterações estruturais das propriedades físicas do solo, poderão ser diferentes de acordo com o preparo feito. Considera-se que os sistemas convencionais causam as maiores alterações estruturais, sendo um sistema que, além de pulverizar a superfície do solo, facilitando o processo erosivo, proporciona a formação de barreiras físicas logo abaixo das camadas de solo movimentadas pelas máquinas e implementos agrícolas (BAUDER et al., 1981; TAVARES FILHO et al., 1998). De outro lado, o plantio direto foi elaborado com a finalidade de reduzir a mobilização superficial dos solos e preservá-los cobertos com restos culturais, trazendo assim a redução da erosão, o aumento da matéria orgânica e a economia de combustível nas operações de manejo, porém, provoca compactação superficial do solo, determinada pelo aumento da densidade do solo e redução de sua porosidade total (MARIA et al., 1999).

Estudos feitos por Horn (1995) colocam que, a pressão estática provoca compactação, bem como forças dinâmicas provocadas pela vibração do trator arrastando implementos e pelo patinamento. Pesquisas recentes têm mostrado a consequência do tráfego contínuo e indevido de máquinas e implementos agrícolas sobre as propriedades físicas e mecânicas dos solos (NOVAK et al., 1992; JORGE, 1986; MIRANDA, 2001; CASTRO NETO, 2001). Os pneus geralmente usados nos tratores e colhedoras consumidas no Brasil apresentam a parte lateral do pneu rígida, passando a ser chamados de pneus de banda diagonal. Esta rigidez dificulta que o pneu se molde ao solo conforme as irregularidades do terreno e, por este motivo, a área de contato fica restrita, aumentando a pressão na superfície do solo (SILVA et al., 2000).

De acordo com Trein et al. (2005) uma maneira para amenizar ou evitar a compactação do solo pelo tráfego de máquinas e implementos, seria a utilização de um sistema de tráfego controlado, isto é, dividir as zonas de tráfego das zonas em que há o desenvolvimento das plantas, restringindo a passagem de pneus em linhas demarcadas, desta forma, uma área menor seria afetada, embora mais excessivamente. Além disso, mostram que, se for empregado controle do tráfego, somente 17% da área é afetada pelos pneus, ocasionando em aumentos de

produtividades da ordem de 9 a 16%. Sendo assim, as vantagens obtidas a partir da utilização do tráfego controlado passam pela diminuição do uso de combustível, por causa da menor oposição ao avanço das máquinas e implementos, e pela maior capacidade de tração, por causa do tráfego sobre solo mais compactado.

### **2.2.3. Textura do solo**

A textura do solo manifesta grande importância no encadeamento da compactação. Quando certa pressão externa é empregada ao solo por máquinas, implementos, equipamentos de transporte ou animais verifica-se um novo acomodamento das partículas, reduzindo o espaço aéreo do solo, promovendo a densidade e a resistência à penetração e como consequência, aumento da compactação (SOANE, 1986; HORN; LEBERT, 1994). O teor e o tipo de argila também alteram o funcionamento compressivo do solo, determinando a profundidade de transmissão e a tenacidade da compactação. Portanto, quanto maior o teor de argila, maior a profundidade que a pressão é transmitida e maior a espessura da camada compactada (McBRIDE; WATSON, 1990).

### **2.2.4. Densidade do solo**

A existência de uma estrutura maciça e adensada nas camadas superficiais e subsuperficiais são normais na maioria dos solos cultivados severamente, com valores de densidade do solo mais altos e, aeração, penetração e a multiplicação de raízes também são afetadas. Dessa maneira, a densidade pode alterar consideravelmente, conforme a textura, teores de matéria orgânica do solo e da regularidade de cultivo (HAJABBASI et al 1997). Para esclarecer o problema de elevados valores de densidade, vários agricultores têm utilizado a subsolagem nas operações de preparo do solo para semear, antecedendo a outras operações convencionais usadas com a finalidade de amenizar a compactação (CASTRO FILHO et al., 1993).

Não se encontra concordância entre os autores sobre o nível crítico da densidade do solo, isto é, o valor acima cujo solo é considerado compactado. Conforme Torres; Saraiva (1999), a densidade varia de acordo com as qualidades do solo, sendo que em solos argilosos varia em torno de 1,0 a 1,45 g m<sup>-3</sup> e para solos arenosos manifestam densidades variáveis entre 1,25 a 1,70 g m<sup>-3</sup>. Já Camargo; Alleoni (1997) julgam crítico o valor de 1,55 g m<sup>-3</sup> em solos

franco-argilosos a argilosos. De Maria et al. (1999) pesquisaram e constataram que em Latossolo Roxo, acontece uma restrição ao desenvolvimento de raízes acima de  $1,2 \text{ g m}^{-3}$ .

De Jong-Hughes et al. (2001) declaram que um solo levemente comprimido pode adiantar a taxa de germinação das sementes, pois, promove bom contato entre a semente e solo. Assim, uma compactação moderada pode diminuir a perda de água do solo por evaporação e, por consequência, impede que o solo em torno da semente seque com rapidez. Um solo de textura média, com densidade de  $1,2 \text{ g m}^{-3}$  é normalmente favorável para o crescimento da raiz, uma vez que essa densidade do solo corresponde às condições do solo logo após uma operação secundária de preparo (emprego da grade niveladora, a qual ameniza a rugosidade da superfície do solo).

No entanto, as raízes que se desenvolvem através de um solo com textura média e com uma densidade igual ou maior que  $1,2 \text{ g m}^{-3}$ , geralmente não terão um grau maior de ramificação ou formação de raízes secundárias. Por sua vez, uma compactação ponderada pode aumentar a ramificação e o desenvolvimento de raízes secundárias, pois permiti que as raízes explorem mais o solo para absorver os nutrientes, como o fósforo, nutriente de pouca mobilidade no solo (JONG-HUGHES et al., 2001).

### **2.2.5. Resistência à penetração**

A resistência do solo à penetração é um dos atributos físicos do solo diretamente ligados ao crescimento das plantas (LETEY, 1985) e alterada pelos sistemas de preparo do solo. O desenvolvimento das raízes pode causar a deformidade do solo em uma zona próxima à ponta das raízes e a pressão gerada contra as partículas e/ou agregados deve ser considerável para propiciar a penetração e o alongamento das raízes (BENNIE, 1996). Inúmeros valores de resistência do solo à penetração influenciam o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (MEROTTO; MUNDSTOCK, 1999) como também na direção preferencial de crescimento radicular (IIJIMA; KONO, 1991).

Além do mais, pesquisas recentes afirmam que a resistência do solo à penetração das raízes tem efeitos de forma direta no crescimento da parte aérea das plantas e na divisão de carboidratos entre a raiz e parte aérea. Desta maneira, a resistência do solo à penetração é essencial para avaliar os efeitos dos sistemas de preparo no meio físico do solo para o crescimento das plantas (MASLE; FARQUHAR, 1988).

Nas áreas onde o SPD é utilizado, a inexistência de revolvimento tem provocado um aumento da densidade do solo que irá refletir em maior resistência à penetração (HAKANSSON; MEDVEDEV, 1995; SILVA et al., 2000). Silva et al. (2004), constataram que a distribuição da compactação do solo no sistema de plantio direto acontece de maneira sistemática, sendo maior nas laterais da lavoura, reduzindo para o centro, por causa do tráfego de máquinas. Em respeito aos níveis críticos de resistência, encontramos vários níveis adotados, de acordo com Ehlers et al. (1983), Nesmith (1987), Merotto Junior; Mundstock (1999) e Canarache (1990), que apontaram valores de 1,0, 2,0, 3,5 e 5,0 MPa, respectivamente, como sendo o limite crítico de resistência à penetração de raízes para vários tipos de solos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na cidade de Anápolis-GO apresentando as seguintes coordenadas geográficas, latitude 16°17'41'S e longitude 48°53'13'W, com altitude 1.040 m., na Unidade Experimental do Centro Universitário de Anápolis/GO – UniEVANGÉLICA (Figura 1). De acordo Köppen, o clima da região é classificado como Aw (tropical com estação seca), com chuvas de outubro a abril, precipitação pluviométrica média anual de 1.450 mm, onde o inverno possui uma pluviosidade muito menor que o verão. A temperatura média anual é de 22°C, com mínima de 18°C e máxima de 28°C.



Fonte: Google Earth, 2019.

**FIGURA 1** – Localização das áreas analisadas na Fazenda Escola, Unidade Experimental da UniEVANGÉLICA, no município de Anápolis-GO, 2019.

Para determinar o grau de compactação da área foi utilizado o penetrômetro de impacto (modelo IAA/Planalsucar-Stolf) (STOLF et al., 1983). O penetrômetro de impacto tem sido amplamente utilizado no campo para caracterizar a compactação provocada pelo uso e manejo do solo em razão do baixo custo, da não-necessidade de calibração e do fato de os resultados dependerem do operador.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, determinando-se quatro pontos aleatórios para coleta de dados dentro de sete áreas pré-determinadas das 13 áreas agrícolas presentes na fazenda Escola. A coleta foi realizada no mês de fevereiro/2019.

As áreas analisadas foram: A2 – plantio convencional (fruticultura), com área de 0,73 ha; A3 – plantio convencional, com área de 0,81 ha; A4 - sistema de plantio direto (02 anos), com área de 0,62 ha; A5- sistema de plantio direto (04 anos), com área de 0,48 ha; A6 – plantio convencional, com área de 0,39 ha; A7 - sistema de plantio direto (03 anos), com área de 0,42 ha; A8 - sistema de plantio direto, com área de 0,74 ha. A classe de solo avaliada foi o Latossolo Vermelho, na profundidade de 0,0-0,50 m.

O programa utilizado é apresentado por Stolf et al. (2014) que apresentara a resistência do solo (R) nas unidades: impactos  $\text{dm}^{-1}$ ,  $\text{kgf cm}^{-2}$  e MPa. A equação para cálculo da resistência em razão da penetração por impacto foi desenvolvida em Stolf (1991) e rerepresentada em Stolf et al. (1998; 2005):  $R \text{ (MPa)} = 0,56 + 0,689 \times N \text{ (impactos } \text{dm}^{-1}\text{)}$ , ou seja,  $R \text{ (MPa)} = 0,1 R \text{ (kgf cm}^{-2}\text{)}$ . Em que N é o número de impactos por decímetro e R a resistência do solo em  $\text{kgf cm}^{-2}$ . Fez-se a conversão dos dados obtidos em  $\text{kgf cm}^{-2}$  para MPa, utilizando-se o fator de conversão igual a 0,098.

Os resultados obtidos foram transformados em intervalos constantes de profundidade os resultados de resistência do solo, pela impossibilidade de realizar leituras a intervalos constantes de profundidade, conforme recomenda Stolf et al. (2014). Os valores obtidos de resistência a penetração foram avaliados segundo Tabela 1.

**Tabela 1** – Classes de resistência do solo à penetração

<b>Classe</b>	<b>Resistência à penetração (MPa)</b>
Extremamente baixa	< 0,01
Muito baixa	0,01-0,1
Baixa	0,1-1,0
Moderada	1,0-2,0
Alta	2,0-4,0
Muito alta	4,0-8,0
Extremamente alta	> 8,0

Fonte: TORMENA; ROLOFF (1996).

As médias da resistência a penetração em cada área avaliada foram submetidos a análise de variância (ANAVA), e quando ocorreram diferenças significativas, identificadas pelo teste F ( $P < 0,05$ ), se aplicou o teste de médias de Tukey, utilizando-se programa estatístico Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quando se avalia as médias das amostragens nas diferentes profundidades, não existe diferença estatística entre as curvas. Na avaliação das médias das curvas pode ser observado que não existe um padrão de compactação esperado no sistema de plantio convencional ou no plantio direto (Tabela 2), todas as áreas apresentam-se com valores de resistência a penetração maior que o recomendado para o desenvolvimento correto do sistema radicular, que seria de 2,0 MPa (Tabela 1).

**Tabela 2** – Valores médios de resistência a penetração observados nas áreas avaliadas com diferentes manejos na Fazenda Escola da UniEvangélica, Anápolis, GO

Áreas	Resistência (MPa)	Classe de Resistência
2 (PC)	6,14 b*	Muito alta
3 (PC)	7,76 ab	Muito alta
4 (PD)	8,72 a	Extremamente alta
5 (PD)	9,51 a	Extremamente alta
6 (PC)	6,14 b	Muito alta
7 (PD)	7,75 ab	Muito alta
8 (PD)	8,72 a	Extremamente alta
Teste F	0,00 **	
CV (%)	45,36	

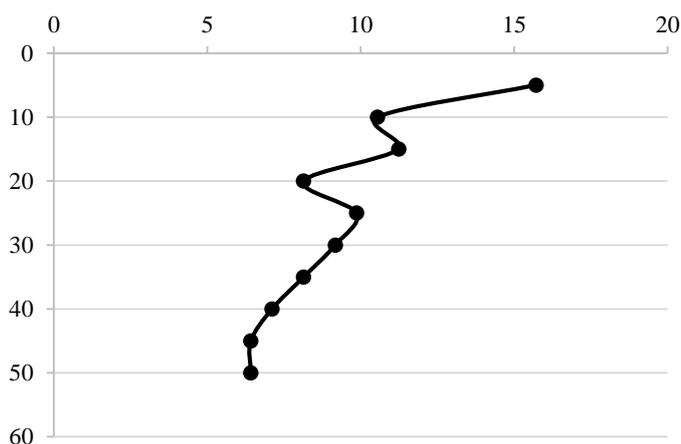
\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. PC – plantio convencional; PD – plantio direto.

Corroborando o observado por Albernaz et al. (2016), que trabalharam em área sob sucessão soja/milho safrinha, no período de cinco anos no sistema de plantio direto sobre a palhada. Nesta área foram realizadas amostragens do solo nas camadas de 0,0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, para observar a resistência à compactação do solo. Na camada de 0,0-0,10 m, apresentou uma resistência de 3,49 MPa, sofrendo um acréscimo até a camada 0,30 m, com 6,45 MPa. Na camada de 0,40 m, a compactação começa a diminuir, no entanto, continua alta com 4,82 MPa. Valores menores que os observados neste trabalho nas áreas avaliadas.

Tanto no trabalho de Albernaz et al. (2016) como na área de estudo, esses dados podem ser explicadas devido à presença do ‘pé de grade’, camada compactada, logo abaixo da superfície do solo, (até 0,20 m). Áreas em manejo de plantio direto também estão sujeitas a compactação, isso se deve ao fato de que, existe uma ausência de revolvimento do solo e um grande tráfego de maquinário, o que resulta em compactação.

Beulter; Centurion (2004) observaram que ocorre o espessamento das raízes principais a partir da resistência à penetração de 3,87 MPa e o seu crescimento nos planos verticais de fraqueza (rachaduras). O que demonstra que a resistência de penetração no solo, causa efeitos extremamente negativos ao crescimento e desenvolvimento das plantas, influenciando diretamente a produtividade.

O que também é observado em pomares, como a A2 da Fazenda Escola (Figura 2). As limitações postas ao desenvolvimento de raízes das plantas acontecem pela compactação do solo, de acordo com o tráfego excessivo de máquinas e implementos nas operações de adubação, pulverização e manejo de plantas daninhas na entrelinha, caracterizando uma das causas da redução de produtividade (TERSI; ROSA, 1995). Plantas com raízes pivotantes mais grossas são mais afetadas pela compactação do solo do que as plantas com raízes fasciculadas mais finas, visto que essas podem utilizar canais já existentes no solo, deixadas por raízes que deterioraram ou por fissuras (WHITELEY; DEXTER, 1982).



**Figura 2** – Média das amostras no solo coletadas com o penetrômetro de impacto (modelo IAA/Planalsucar-Stolf) coletadas na área destinada à fruticultura (A2) na Fazenda Escola da UniEvangélica, 2019

Estudos feitos por Stolf (1987) e Tersi et al. (1995), comprovam que em citros o manejo mecânico empregado pelos produtores no controle de plantas daninhas e o trânsito exagerado de máquinas e implementos, são os principais agentes que contribuem para a compactação do solo. Em um ano agrícola, a regularidade comum de quinze passadas de trator para realizar operações, como adubação e pulverizações, intensifica ainda mais a degradação da estrutura do solo nas áreas de cultivo de citros.

Em um pomar de laranja, sob Latossolo Vermelho Amarelo, Lima et al. (2004) detectaram níveis crescentes de compactação na seguinte ordem: linha, entre rodado, rodado das máquinas e implementos e na projeção da copa das plantas de citros, constatando a heterogeneidade na compactação, causada por diferentes intensidades de tráfego.

Raimundo et al. (2016) avaliando a cultura da acerola, confirmaram que há a presença de uma camada compactada a partir de 0,20 m de profundidade, ocasionado pelo tráfego de máquinas e implementos, o que causou um impedimento físico no arranjo das raízes da aceroleira, que, se distribuíram na sua maioria horizontalmente na superfície.

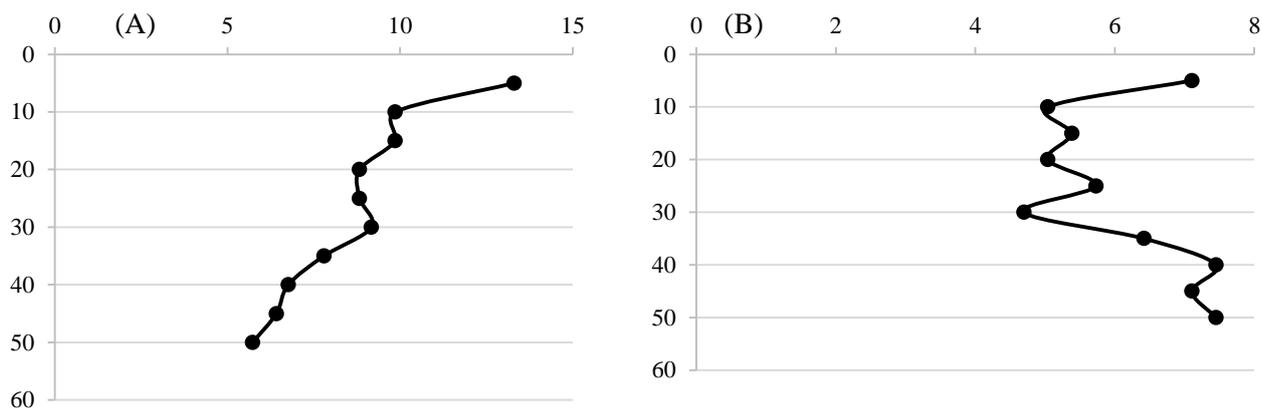
Também estudando a acerola, Neves et al. (2000) examinaram o sistema radicular de três cultivares em um Latossolo Roxo e concluíram que a profundidade efetiva do sistema radicular das três variedades alternou de 0,50 a 0,69 m, nesta profundidade foi encontrado 80% do sistema radicular das plantas. Sendo que o impedimento já ocorria a 0,20 m de profundidade, prejudicando o desenvolvimento e distribuição do sistema radicular da aceroleira e consequentemente prejudica a absorção de água e nutrientes.

Estes resultados confirmam os de Barbieri et al. (1985), que expressam que a compactação do solo não se manifesta de forma constante ao longo de grandes extensões e que, em solos compactados, as raízes se desenvolvem através dos planos verticais de fraqueza. Tão importante quanto o desenvolvimento radicular é a demarcação do valor crítico de resistência à penetração ao desenvolvimento radicular e sua associação a produtividade das plantas.

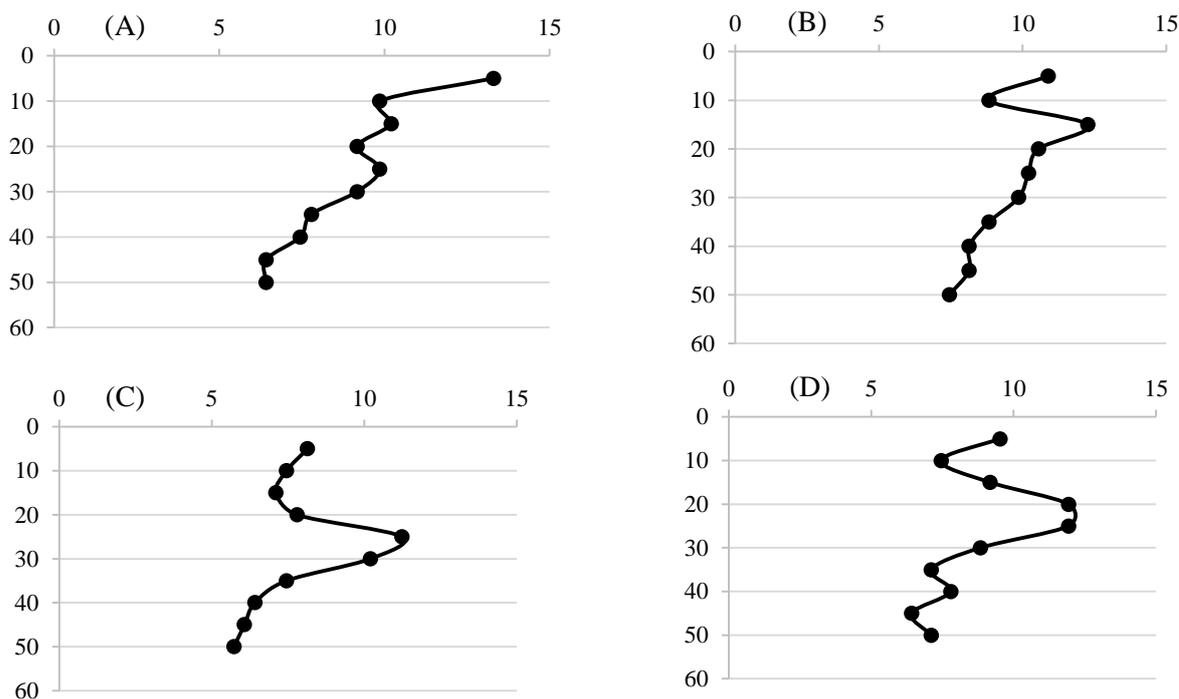
A A2, com presença de frutíferas, foi observado camadas compactadas, sendo classificada na classe de resistência muito alta, o que pode estar relacionado ao efeito do tráfego de máquinas e implementos, causam uma forte compactação em solos de pomares e a consequente resistência do solo à penetração.

Na área destinada à fruticultura (A2) na Fazenda Escola da UniEvangélica, não há uma boa cobertura do solo, colaborando com a compactação e resistência a penetração. Um estudo feito por Homma (2005), comprova que a cobertura vegetal na entrelinha em pomares de citros protege o solo contra impactos da chuva, produz matéria orgânica, desenvolvimentos de agregados, diminui ou retrocede a compactação do solo, melhora a infiltração de água e favorece o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Os resultados da resistência do solo à penetração, obtidos com o penetrômetro de impacto, nas demais áreas são exibidos nas Figuras 3 e 4.



**Figura 3** – Média das amostras no solo coletadas com o penetrômetro de impacto (modelo IAA/Planalsucar-Stolf) na área 3 (plantio convencional) na Fazenda Escola da UniEvangélica, 2019 (A); Média das amostras coletadas no solo com o penetrômetro de impacto (modelo IAA/Planalsucar-Stolf) na área 6, cultura da cana-de-açúcar (plantio convencional), na Fazenda Escola da UniEvangélica, 2019 (B).



**Figura 4.** Média das amostras coletadas no solo com o penetrômetro de impacto (modelo IAA/Planalsucar-Stolf) na área 4 (plantio direto há 02 anos - A); na área 5 (plantio direto há 04 anos - B); na área 7 (plantio direto há 04 anos - C); área 8 (plantio direto há 3 anos - D), na Fazenda Escola da UniEvangélica, 2019

Pode-se observar (Figura 3 e 4) que não houve diferença significativa para a resistência à penetração entre o manejo convencional e o plantio direto, até a profundidade de 0,25 m, concordando com os estudos feitos por Centurion et al. (1992), que com base nos valores de resistência e densidade do solo, no plantio direto e plantio convencional, observaram que nos dois sistemas de manejo houve uma tendência à compactação em diferentes profundidades do solo, não existindo diferença significativa entre eles.

Tormena et al. (2002) constataram maiores valores de resistência do solo à penetração no sistema de plantio direto comparado ao manejo convencional até a profundidade de 0,25 m. Isso significa que as diversas culturas trabalhadas nas áreas e intenso tráfego de maquinário, estão interagindo de maneira semelhante nos dois sistemas de manejo do solo empregados na Fazenda Escola.

Na Figura 3 pode-se observar que as A3 e A6 são destinadas ao manejo convencional, e, que ambas estão extremamente compactadas. Na A3 há uma maior resistência à penetração na profundidade de 0,00-0,10 m, já na área 6, a profundidade que mais sofreu com a compactação foi a de 0,20-0,30 m. Isso ocorreu, visto que, todas as áreas da Fazenda Escola da UniEvangélica são designadas à estudos de campo, ou seja, nas áreas são realizados periodicamente implantações de experimentos, aula de campo, manutenções, adubação, aplicação de defensivos agrícolas e roçagem.

Todos esses preparos utilizam constantemente do tráfego de máquinas e implementos, o que explica a razão por qual as áreas estão com uma elevada resistência à penetração. Machado; Brum (1978), confirma que o cultivo intensivo do solo produz modificações nas suas propriedades físicas, com conseqüente diminuição da porosidade total e macroporosidade, assim como aumento da microporosidade.

No sistema convencional de preparo do solo, a grade aradora tem sido o equipamento mais aplicado. Geralmente a grade exerce sobre o solo uma pressão a pouca profundidade e demonstra um alto rendimento de campo, no entanto, o uso contínuo desse implemento agrícola pode causar à formação de camadas compactadas, chamadas “pé-de-grade” (SILVA, 1992). Essas camadas compactadas aumentam a erosão, dificultando a infiltração de água da chuva, saturando ligeiramente o solo, dessa forma aumentando o escoamento superficial da água que leva consigo as partículas do solo (CAMARGO, 1983).

Em um estudo feito por Gabriel Filho et al. (2000) que comparou a produtividade de mandioca no manejo convencional e no cultivo mínimo do solo, concluíram que, a densidade e a resistência do solo à penetração na linha e na entrelinha do plantio divergiram

significativamente entre os dois sistemas de manejo do solo, na camada de 0-10 cm, concordando com Hall et al. (1994) e Dao (1996).

A Figura 4 demonstra a resistência à penetração nas A4, A5, A7 e A8 que atualmente é empregado o manejo de plantio direto na Fazenda Escola da UniEvangélica. Como no sistema convencional de plantio, o manejo de plantio direto, nessas áreas, recebe um grande tráfego de máquinas e implementos agrícolas, devido à experimentos dos acadêmicos e manejo dessas áreas.

Percebe-se que em todas as áreas, não há diferença significativa de resistência à penetração do solo. Hakansson; Medvedev (1995) e Klein; Boller (1995), confirmam que a compactação em sistema de plantio direto é causada pelo efeito acumulado do tráfego de máquinas e acomodação natural das partículas sólidas. Em áreas onde o plantio direto é empregado, a inexistência de revolvimento tem ocasionado um aumento da densidade do solo que irá refletir em maior resistência à penetração.

Assis et al. (2005) estudando os seguintes sistemas de manejo: mata nativa, preparo convencional, plantio direto com um ano, plantio direto com quatro anos, plantio direto com cinco anos e plantio direto com doze anos, constataram que a resistência do solo à penetração não mostrou tendência de variação com o tempo de adoção no sistema de plantio direto e em relação ao tipo de preparo do solo, considerando os sistemas de manejo e sua intensidade de tráfego.

O que corrobora com os resultados obtidos neste estudo. A resistência à penetração do solo não se refere ao tempo de uso do manejo de plantio direto, e sim pelo grande tráfego de maquinários agrícolas.

Beulter; Centurion (2004) estudaram o efeito da compactação do solo no desenvolvimento de raízes e na produtividade da soja em Latossolo Vermelho de textura média, constataram que no maior nível de resistência à penetração (0,00–0,20 m) provocaram mudanças na distribuição e desenvolvimento do sistema radicular e que houve aumento da espessura das raízes na camada mais compactada de 0,05–0,15 m. Foi reconhecida também maior concentração de raízes finas com a elevação da resistência à penetração na camada de 0,00–0,05 m. Os autores relatam espelhamento no perfil, a partir da resistência à penetração de 1,82 MPa e tornou-se mais aparente a partir de 3,87 MPa.

Tendo em vista todos os resultados obtidos com a avaliação da resistência a penetração, e, considerando que as áreas avaliadas na Fazenda Escola estão extremamente compactadas, algumas medidas corretivas devem ser tomadas. Neste intuito, algumas práticas com a

finalidade de se prevenir e/ou aliviar a compactação pelo tráfego de máquinas agrícolas como: diminuir a movimentação de máquinas e equipamentos pesados sobre o solo, principalmente quando este se apresentar saturado; confinar a execução das operações de preparo do solo, sementeira, tratamentos culturais e colheita às épocas em que o solo estiver menos sensível à compactação, ou seja, com menor conteúdo de água.

Em sistema de preparo do solo convencional, deve-se equilibrar os níveis de profundidade pelas operações de aração e gradagem, evitando o desenvolvimento da camada compactada, ou adiando a sua ocorrência; realizar periodicamente a descompactação do solo usando subsoladores e escarificadores, tanto em sistema de preparo mínimo do solo como em sistema de plantio direto; fazer uso de pneus de máquinas agrícolas com carcaça flexível, baixa pressão de inflação, diâmetro largo e uma pequena largura de secção; implantação de culturas que sejam benéficas às propriedades físicas do solo (adubos verdes); rotação de culturas em todas as áreas que contemplem o uso de adubação verde.

## **5. CONCLUSÃO**

A avaliação na área de estudo da UniEvangélica, apresentando as seguintes coordenadas geográficas, latitude 16°17'41'S e longitude 48°53'13'W, com altitude 1.040 m., na Unidade Experimental do Centro Universitário de Anápolis/GO – UniEVANGÉLICA, por meio do uso do penetrômetro de impacto, pode comprovar a presença de compactação em todas as áreas analisadas. Os resultados obtidos não mostram diferença significativa entre os diferentes manejos utilizados.

Sugere-se a adoção de sistemas conservacionistas para que os efeitos negativos provocados pela compactação sejam minimizados ou até mesmo eliminados das áreas agrícolas.

Com a adoção das técnicas conservacionistas, os efeitos da compactação do solo serão minimizados, melhorando assim o ambiente para desenvolvimento do sistema de raízes das culturas e possibilitando a sustentabilidade da agricultura em toda a Fazenda Escola da UniEvangélica.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERNAZ, D. D. P. **Estudo dos parâmetros físico-químicos de adsorção de cromo hexavalente por nanopartículas magnéticas.** 2016.

ALVES, M.C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terraplanagem e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira.** Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2001. 83p. (Tese de Livre Docência).

ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 515-522, 2005.

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira1. Campo-território: **Revista de Geografia Agrária**, v. 1, n. 2, 2006.

BARBIERI, J.L.; POLI, D.M.; DONZELLE, J.L. **Os latossolos roxos e a cana-de-açúcar.** São Paulo: Cooperucar, 1985. (Boletim Técnico, n. 32).

BAUDER, J.W.; RANDAL, G.W. & SWAN, J.B. Effect of four continuous tillage system on mechanical impedance of a clay loam soil. **Soi Sci. Soc. Am. J.**, 45:802-806, 1981.

BENNIE, A.T.P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Ed.) **Plant roots: the hidden half. 2. ed.** New York: Marcel Dekker, 1996. p.453-470.

BERTOL, I. **Comprimento crítico de declive para preparos conservacionistas de solo.** 1995. 185p. Tese. (Doutorado em Ciência do Solo) – Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

CAMARGO, O.A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas.** Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas.** Piracicaba, SP: ESALQ, 1997. 132p.

CANARACHE, A. Penetr – a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.16, p.51-70, 1990.

CANILLAS, E. C.; SALOKHE, V. M. A decision support system for compaction assessment in agricultural soils. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.65, n.2, p.221-230, 2002.

CASTRO FILHO, C.; CORSINI, P.C.; SOARES, D.; POLITANO, W. **Acceptance of soil and water conservation strategies and technologies in Southern Brazil.** In: BAUM, E.; WOLFF, P.; ZOBISCH, M. A. (Ed.). Acceptance of soil and water conservation. Strategies and Technologies. Topics in applied resource management in the tropics. German Institute for Tropical and Subtropical Agriculture, Witzenhausen, v.3, p.341-363, 1993.

CASTRO NETO, P. **Desenvolvimento e avaliação de equipamentos e metodologia para determinação de parâmetros físicos do solo relacionados a dias trabalháveis com**

**máquinas agrícolas.** 2001. 156p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Energia na Agricultura, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, SP.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 254-258, 2001.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Sistemas de preparo de solos de cerrado: efeitos nas propriedades físicas e na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 315-324, 1992.

DAO, T.H. Tillage system and crop residue effects on surface compaction of a paleusoll. **Agronomy Journal**, v.88, p.141- 148, 1996.

DE JONG-HUGHES, J.; MONCRIEF, J.F.; VOORHEES, W.B.; SWAN, J.B. **Soil compacting: causes, effects and control.** Morris, Minnesota: University of Minnesota Extension Service, 2001. 15p. (Communication and Educational Technology Services).

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; SOUZA DIAS H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** 23:703-709, 1999.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. **Defining and assessing soil quality.** In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison, ASA, CCSA, SSSA, 1994. p.3-21.(SSSA Spec. Publ., 35).

EHLERS, W.; KOPKE, V.; HESSE, F.; BÖHM, W. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.3, n.2, p.261-275, 1983.

FLOWERS, M.D.; LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf in northwest Ohio. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.48, p.21-35, 1998.

GABRIEL FILHO, A., SANTOS PESSOA, A. C. D., STROHHAECKER, L., & HELMICH, J. J. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, v. 30, n. 6, 2000.

HAJABBASI, M.A.; JALALIAN, A.; KARIMZADEH, H.R. Deforestation effects on soil physical and chemical properties. **Plant and Soil**, Lordegan, v.190, p.301-308, 1997.

HAKANSSON, I.; MEDVEDEV, V.W. Protection of soils from mechanical overloading by establishing limits for stresses caused by heavy vehicles. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.35, p.85-97, 1995.

HALL, D.J.M., MEKENZIE, D.C., MACLEOD, D.A., et al. Amelioration of a Hardsetting Alfisol through deep mouldboard ploughing, gypsum application and double cropping.I. Soil

physical and chemical properties. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.28, p.253-270, 1994.

HOMMA, S. K. **Efeito do manejo alternativo sobre a descompactação do solo, fungos micorrízicos arbusculares nativos e produção em pomar convencional de tangor Murcott**. ESALQ-USP. Piracicaba, 2005.

HORN, R.; DOMZAL, H.; SLOWINSKA-JURKIEWICZ, A.; VAN OUWERKERK, C. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and environment. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.35, p.23-36, 1995.

HORN, R.; LEBERT, M. Soil compactability and compressibility. In: SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. van. **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994.p.45-69.

IJIMA, M.; KNO, Y. Interspecific differences of the root system structures of four cereal species as affected by soil compaction. **Japanese Journal of Crop Science**, v.60, p.130-138, 1991.

JORGE, J.A. **Compactação do solo: causas, conseqüências e maneiras de evitar a sua ocorrência**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico de Campinas, 1986. (Circular Técnica).

KLEIN, V. A.; BOLLER, W. Avaliação de diferentes manejos de solo e métodos de semeadura em áreas sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v. 25, n. 3, p. 395-8, 1995.

KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19:395-401, 1995.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L.A. Manejo do solo e o rendimento da soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.97-104, 2000.

KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. **Comportamento das culturas de trigo, soja e milho à adubação fosfatada no sistema de plantio direto e preparo convencional**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.243-246.

LARSON, W.E.; GILL, W.R. Soil physical parameters for designing new tillage systems. In: National Conservation Tillage Conference. 1973, Ankeny. Proceedings. **Ankeny: Soil Conservation Society of America**, 1973. p.13-22.

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

LIMA, C. L. R.; SILVA, A. O.; IMHOFF, S.; LIMA, H. V.; LEÃO, T. P. Heterogeneidade da compactação de um latossolo vermelho-amarelo sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.28, n.3, p.409-414, 2004.

MACHADO, J. A.; BRUM, A. C. R. Efeitos de sistemas de cultivos em algumas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v.2, n.2, p.81-84, 1978.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London, Academic Press, 1995. p.508-536.

MASLE, J.; FARQUHAR, G.D. Effects of soil strength on the relation of water-use-efficiency and growth to carbon isotope discrimination in wheat seedlings. **Plant Physiology**, v.86, p.32-38, 1988.

McBRIDE, R.A.; WATSON, G.C. An investigation of reexpansion of unsaturated, structured soils during cycles static loading. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.17, n.3/4, p.241-253, 1990.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.197-202, 1999.

MIRANDA, E.É.V. **Avaliação da sustentabilidade da estrutura de um Latossolo sob cultivo de cafeeiro na região do cerrado**. 2001. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. NESMITH, D.S. Soil compaction in double cropped wheat and soybean on Ultissol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p.183-186, 1987.

NEVES, C. S. V. J.; BORGES, A. V. ; KANAI, H. T.; PRETE, E. C. E.; PIPOLO, V. C. **Distribuição do sistema radicular de aceroleira cultivares Dominga, Lígia e Natalia**. In XVI Congresso Brasileiro de Fruticultura, CD ROM. Fortaleza, 2000. RESUMOS.

NOVAK, L.R.; MONTOVANI, E.C.; MARTYN, P.J.; FERNANDES, B. Efeito do tráfego de trator e da pressão de contato pneu/solo na compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro Álico, em dois níveis de umidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.1587-1595, 1992.

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S. & MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35:929- 938, 2000.

RAIMUNDO, C. D. S., DE ARAÚJO, E. C., MANHÃES, C. M. C., FERNANDES, K. A., MARTINS, P. M. D. S., & CAVALCANTE, T. L. **Compactação do solo e distribuição do sistema radicular de plantas em diferentes áreas do instituto federal de educação**, ciência e tecnologia do Tocantins–campus Dianópolis. In: 7ª Jice-jornada de iniciação científica e extensão. 2016.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ci. Amb**, v. 27, p. 29-48, 2003.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em ciência do solo**, v. 5, p. 49-134, 2007.

RICHART, A. TAVARES FILHO, J., RODRIGUES BRITO, O., FUENTES LLANILLO, R.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, 2005.

SAXON, K.E.; McCOOL, D.K.; KENNY, J.F. Tillage and residues impacts on infiltration. In: FOK, Y. (Ed.). Infiltration principles and practices. **Water Resources Research Center**, Honolulu, 1988. p.509-513.

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J.A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, Wageningen, v.138, p.335-356, 2000.

SILVA, J. G. **Ordens de gradagem e sistemas de aração do solo: desempenho operacional, alterações na camada mobilizada e respostas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1992. 180p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.2485-2492, 2000.

SILVA, V. R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.399-406, 2004.

SINGER, M.; EWING, S. Soil quality. In: SUMNER, M.E. **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p.271-298.

SOANE, B.D. **Process of soil compaction under vehicular traffic and means of alleviating it**. In: LAL, R.; SANCHEZ, P.A.; CUMMINGS, R.W. Land clearing and development in the tropics. Rotterdam: Balkema Publisher, 1986. p.265-297.

Sparovek, G., Berndes, G., Klug, I. L., & Barretto, A. G. **Brazilian agriculture and environmental legislation: status and future challenges**. 2010.

STOLF, R. A compactação do solo e perspectivas da subsolagem em citros. **Laranja**, n.2 p.283-308, 1987.

STOLF, R. Teoria de testes experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.229-235, 1991.

STRECK, C. A., REINERT, D. J., REICHERT, J. M., & KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, 2004.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Influence des pratiques culturales sur le comportement et les propriétés de sols du Paraná (Brésil). **Étude Gestion Sols**, 5:61-71, 1998.

TERSI, F. E. A.; ROSA, S. M. A subsolagem no manejo de solo para os pomares de citros. **Laranja**, v.16, n.2, p.289-298. 1995.

TOPP,G.C.;REYNOLDS,W.D.;COOK,FJ.;KIRBY,JM.; CARTER, M.R. Physical attributes of soil quality. In: GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R. **Soil quality for cropproduction and ecosystem health**. Amsterdam: ElsevierScience, 1997. p.21-58.

TORMENA, C. A., BARBOSA, M. C., DA COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.333-339, 1996.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999.

TREIN, C.R.; LEVIEN, R.; SOUZA, L.F. C. Tráfego controlado. **Revista Cultivar Máquinas**, n.41, p.22-25, 2005.

WHITELEY, G.M.; DEXTER, A.R. Root development and growht of oilseed, wheat and pea crops on tilled and non-tilled soil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.2, n.4, p.379- 393, 1982.