

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

**MAPEAMENTO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO EM SISTEMA DE  
PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DA ESTRADA DE FERRO**

**Gabriel Silveira Gonçalves**

**ANÁPOLIS-GO  
2019**

**GABRIEL SILVEIRA GONÇALVES**

**MAPEAMENTO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO EM SISTEMA DE  
PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DA ESTRADA DE FERRO**

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>. Claudia Fabiana Alves Rezende

**ANÁPOLIS-GO  
2019**

Gonçalves, Gabriel Silveira

Mapeamento da compactação do solo em sistema de plantio direto na região da estrada de ferro/Gabriel Silveira Gonçalves. – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2019.

29 páginas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudia F. Alves Rezende

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

1. Penetrômetro 2. Latossolo 3. Degradação I. Gabriel Silveira Gonçalves. II. Mapeamento da compactação do solo em sistema de plantio direto na região da estrada de ferro.

CDU 504

**GABRIEL SILVEIRA GONÇALVES**

**MAPEAMENTO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO EM SISTEMA DE  
PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DA ESTRADA DE FERRO**

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

**Área de concentração:** Física do solo.

Aprovada em: \_\_\_\_\_

Banca examinadora

---

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

---

Prof. Me. Lucas Marquezan Nascimento  
UniEvangélica

---

Prof<sup>ª</sup>. Me. Lorena Alves de Oliveira  
UniEvangélica

Dedico esse trabalho a minha família e amigos, que sempre estiveram presentes me apoiando nessa graduação.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que sempre esteve presente comigo nos momentos bons e ruins. Ele foi essencial na realização de cada linha desse trabalho.

Logo, gostaria de agradecer e destacar também o trabalho da minha professora Cláudia, que com toda paciência e empenho conduziu as orientações de maior importância desse trabalho.

Não posso deixar de agradecer também o grupo de professores do curso de agronomia da UniEvangélica, pois a arte de passar o conhecimento é uma dádiva de Deus.

Agradeço também ao meu grande amigo Deyvid A. Santana pelo grande apoio na realização deste trabalho.

Agradeço aos produtores da região da estrada de ferro que me permitiram realizar o experimento em suas áreas, me passando também as informações necessárias.

E por último, mas não menos importante, agradeço a minha família e amigos, pois sempre estiveram comigo, me apoiando e me dando suporte. Cada um deles tem uma parte dessa conquista.

“O pessimista vê dificuldade em cada oportunidade,  
o otimista vê oportunidade em cada dificuldade”.

Winston Churchill

## 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. SISTEMA DE PLANTIO DIRETO (SPD) .....	10
2.2. COMPACTAÇÃO DO SOLO.....	11
2.3. MAQUINÁRIO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO .....	12
2.4. PENETRÔMETRO DE IMPACTO .....	13
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>22</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>23</b>



## RESUMO

O sistema de plantio direto vem cada vez mais avançando na agricultura brasileira, se mostrando muito eficiente no lado da produção, diminuindo perdas de tempo com preparo de solo, trazendo também uma série de benefícios para o solo dessas áreas. Por outro lado, o trânsito constante de maquinário pesado, pisoteio animal e o uso de manejos degradantes tem acelerado o processo de compactação das áreas. Tendo isso em mente, diversos estudos vêm sendo feitos para avaliar os graus de compactação e os motivos pelo qual a estrutura do solo é afetada, indicando manejos de conservação que venham a recuperar esses solos, evitando a movimentação do solo e mantendo a matéria orgânica da área. Esse experimento traz uma avaliação de diferentes áreas em sistema de plantio direto, procurando indicar como o solo da região tem se comportado diante da ação de produção, através da avaliação do grau de resistência a penetração do solo, indicando assim a presença ou não de compactação na área. O experimento foi conduzido em três propriedades pertencentes a região da estrada de ferro, Vianópolis, GO, possuindo características semelhantes de solo, as amostras de densidade do solo foram coletadas com a ajuda de um penetrômetro de impacto (modelo IAA/Planalsucar-Stolf) em três diferentes pontos de cada lavoura (profundidade de 0,0-0,50 m. O objetivo desse trabalho foi avaliar a resistência a penetração dos solos trabalhados em sistema de plantio direto, assim indicando se há ou não a presença de compactação no ambiente, para com esses dados estar indicando como o solo está se comportando nesse tipo de manejo. Todas as áreas se mostraram com elevado grau de resistência a compactação, indicando que em Sistema de plantio direto o solo tende a ficar mais compactado.

**Palavras-chave:** Penetrômetro, Latossolo, Degradação.

## 1. INTRODUÇÃO

No intuito de minimizar os problemas em função do plantio convencional, houve um grande aumento no interesse pelo sistema de plantio direto (KLUTHCOUSKI, 1998). Segundo Alves (1992), esse manejo denominado conservacionista, se encarrega de trazer uma significativa melhoria das propriedades químico-físicas do solo, além de manter a conservação da matéria orgânica e água por um tempo maior, dando garantia de condições para elevar a capacidade produtiva do solo.

Essa técnica tem o objetivo de conservar o solo com os resíduos vegetais da última cultura plantada e a palhada de alguma espécie de forrageira, esse sistema é composto por três principais princípios básicos, a rotação cultural, o não revolvimento do solo e a cobertura morta que tem a função de segurar o impacto direto das gotas da chuva no solo e do escoamento superficial da água da chuva, causador das erosões (PECHE FILHO, 2005).

Uma das principais fontes de estudo na agricultura é a movimentação de tratores e máquinas pesadas sobre o solo nas fases de produção da lavoura. O peso desses sobre o solo, acaba propiciando o arranjo das partículas, que passam a ocupar volume menor, aumentando assim a massa e diminuindo o volume de vazios, causando a compactação do solo (JORGE, 1986). Perdas de água e solo são muito bem controladas no sistema de plantio direto, contudo, fazer o uso do sistema com um tráfego excessivo de máquinas e implementos, juntamente ao não revolvimento do solo, podem ocasionar compactação (TORMENA et al., 1998). Sendo a compactação do solo o aumento da sua densidade e diminuição da porosidade quando passa por uma pressão ou esforço contínuo (FURLANI; SILVA, 2016).

O avanço da tecnológico, está cada vez mais aumentando o tamanho e peso dos implementos. Esse aumento é preciso para que seja suprido a necessidade de tração de graneleiros, distribuidores e semeadoras. As máquinas além repassar o seu peso para o solo, o seu tráfego em uma situação de umidade inadequada irá alterar a estrutura do solo, provocando a compactação do local. No sistema de plantio direto, a questão da compactação passa grande parte das vezes por despercebido, pelo fato, da redução de produtividade ser atribuída a outros fatores, como problemas com pragas, doenças, distúrbios nutricionais e hídricos (GIRARDELLO et al., 2014).

O uso de manejo inadequados e manipulação extensiva do solo são os maiores responsáveis pela compactação do solo, possui ligação direta com todos os atributos que são considerados na indicação da qualidade física do solo, portanto, solos aonde há presença de

compactação a quantidade de macroporos é drasticamente diminuída e a densidade do solo aumenta. Solos que se apresentam secos tendem a ter mais resistência física ao desenvolvimento das raízes e a significativa baixa na quantidade de água disponível, já na presença de umidade no solo, proporciona falta de oxigênio e a presença de etileno em grandes quantidades na área radicular, pelo fato de haver menor aeração (MARSCHNER, 1995).

A avaliação da compactação do solo tem como um dos seus indicadores mais importante a capacidade de resistência do solo a penetração. Este indicador atua de forma a dar uma descrição da resistência física que o solo possui sobre o sistema radicular que está tentando se desenvolver através dele, sendo diretamente influenciado pela porosidade, densidade e pela umidade na hora da avaliação (MAZURANA et al., 2013).

Existem diversas formas muito práticas de se avaliar a compactação do solo, uma delas é medição da resistência do solo à penetração (RP), técnica de âmbito quantitativo bastante utilizado, pelo fato de ser fácil e rápido, dando assim, a possibilidade de se obter um grande número de amostras, garantindo dados com um maior grau de confiabilidade. (SILVEIRA et al., 2010).

A diminuição do desenvolvimento radicular é o primeiro efeito da compactação do solo na planta em si, isso vai interferir diretamente no crescimento da parte aérea e na produtividade. Não importa o quanto o solo seja quimicamente favorável para a cultura, existindo compactação no local, as plantas não terão um bom aproveitamento dos nutrientes ali dispostos para elas, pois as raízes que se desenvolvem por último (encarregadas por maior parte dessa absorção) são drasticamente afetadas, diminuindo consideravelmente a absorção dos nutrientes. A compactação além de tudo diminui os vãos livres do solo e, dessa forma, o O<sub>2</sub> que se faz disponível na região da rizosfera também diminuindo, dificultando assim a capacidade metabólica das (QUEIROZ VOLTAN et al., 2000).

O objetivo do trabalho é avaliar a resistência a penetração dos solos trabalhados em sistema de plantio direto, assim indicando se há ou não a presença de compactação no ambiente, para com esses dados estar indicando como o solo está se comportando nesse tipo de manejo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. SISTEMA DE PLANTIO DIRETO (SPD)

Esse tipo sistema já está presente na agricultura brasileira há algum tempo, no ano 1971 houve o princípio dos experimentos com o plantio direto de trigo no estado do Paraná, e logo foram feitas algumas comparações dessa inovação com o modo convencional. Já nos anos de 1990 o Plantio Direto se fez presente nos estados do centro-oeste do Brasil, devido a emigração dos agricultores da região sul, já contendo uma experiência nesse sistema e também na adaptação da soja ao cerrado (BOAS; GARCIA, 2007).

O SPD tratasse de um sistema de manejo conservacionista composto de práticas que englobam, necessariamente, rotação de culturas, movimentação do solo apenas em linha de semeadura e a cobertura do solo de forma permanente (CASSOL et al., 2007). É uma técnica agrícola sustentável, que tem reconhecimento no mundo todo, desde o início da sua utilização esse sistema demonstrou uma diminuição de danos ao solo e da liberação de gases poluentes no ambiente, além, de manter a qualidade do solo para as culturas posteriores que iram ser trabalhadas, adequa qualquer bioma com a rotação de cultura que é usada para manter a boa estruturação e a fertilidade adequada do solo, deixando a possibilidade de se utilizar diferentes culturas no mesmo local (MOTTER; ALMEIDA, 2015).

Com o uso de sistemas conservacionistas como o SPD, houve uma evolução na qualidade dos solos de plantio, isso teve como consequência na agricultura a ampliação para novas áreas de produção. Com tudo, a modificação física do solo, com ênfase na compactação, tem diminuído o potencial máximo de produção nesses locais e plantio, atrapalhando na questão sustentável do SPD (SILVA et al., 2004).

É tratada como uma prática de âmbito inovador, que desde seu princípio mostrou sustentabilidade na hora de produzir e benefícios para o meio ambiente, trazendo para o agricultor agilidade no plantio diminuindo a perda de tempo com preparos de solo, distinto do plantio convencional que tinha como objetivo revolver todo o solo para incorporar fertilizantes e corretivos, no entanto, trazendo a degradação do solo. (ALVARENGA et al., 2009).

No SPD a manutenção da estrutura é parte fundamental. A estrutura do solo é composta por partes denominadas agregados, esses possuem uma grande importância no desenvolvimento de plantas e microbiota, na aeração e porosidade do solo, na absorção de água e no controle de erosões, pois atua na manutenção desses fatores (OADES, 1984; DEXTER, 1988). Para que esses agregados sejam formados, é necessário que os colóides do solo estejam floculados e posteriormente haja a ação de um agente cimentante que estabilizará as partes do agregado (HILLEL et al., 1980).

A formação estável de macroagregados é um dos principais atributos de solo relacionados a qualidade, esses mesmos tem a função de trabalhar a estrutura o solo. Com a agropecuária se expandindo cada vez mais na região central do Brasil tem-se aumentado a preocupação sobre a eficiência dos sistemas manejo conservacionistas do solo utilizados (MIELNIEZUK et al., 2003).

## 2.2. COMPACTAÇÃO DO SOLO

Juntamente ao processo degradação física, temos a compactação solo. Pode-se caracterizar compactação como um processo aonde ocorre a diminuição do espaço poroso do solo, isso se dá pelo pisoteio animal (LANZANOVA et al., 2007) e o transito de maquinário agrícolas (LIMA et al., 2012), como consequência existe uma baixa marcante na produtividade (IMHOFF et al., 2000).

A compactação se apresenta principalmente nas camadas superiores do solo, pelo fato, do trânsito de maquinário, e implementos quando o teor de água presente no solo é ou devido sua mobilização apenas na linha de semeadura (ARAÚJO et al., 2004). No momento em que a compactação se faz presente na área deve-se fazer uso de um sistema de manejo que possibilite o rompimento da compactação desta camada, movimentando a menor quantidade possível da camada arável, para que se mantenha assim a maior quantidade de palhada possível sobre solo (CARVALHO FILHO et al., 2007).

A compactação diminui a força do desenvolvimento do sistema radicular das plantas, pelo fato das raízes não conseguiram chegar a profundidade adequadas no solo, por não terem força para penetrar camada resistente. Essa camada compactada reflete na diminuição da produção, pois a planta terá sérios problemas para buscar água retida em maiores profundidade, principalmente em épocas de secas e veranicos mais longos, por causa do sistema radicular mal desenvolvido e pela dificuldade imposta pelo solo compactado na infiltração e retenção de água,

abaixando assim a sua disponibilidade. A má absorção de nutrientes é outro problema que afeta a planta em solos compactados, o sistema radicular não consegue chegar aos nutrientes mais distantes (SÁ; SANTOS JUNIOR, 2005).

Com a compactação ocorre uma redução na quantidade de macroporos presentes no solo, já os microporos não apresentam ou apresentam pequenas modificações nesse sentido. A redução dos macroporos se mostra de forma a prejudicar o desenvolvimento radicular, dificultando a penetração das raízes no solo (STONE et al., 2002).

A compactação leva a baixa quantidade de oxigênio, devido mineralização da matéria orgânica estar em diminuição no solo, e com o decrescente acréscimo de oxigênio e nutrientes para o sistema radicular das plantas há uma significativa baixa no recebimento e disponibilidade de nutrientes e água (RIBEIRO, 1999). Segundo Stones (2002), o crescimento radicular e a porosidade do solo possuem uma íntima relação, pois com o crescente desenvolvimento radicular, se tem uma maior quantidade de macroporos e maior é sua.

Há um aumento no grau de densidade do solo e a resistência mecânica nos solos compactados, além de acontecer a diminuição da porosidade final, por causa em especial da diminuição na quantidade de macroporos (DIAS JÚNIOR; PIERCE, 1996). No que faz referência ao desenvolvimento das plantas, deve-se destacar os prejuízos ligados as questões de aeração e hídricas, com o aumento da resistência do solo à penetração das raízes (IMHOFF, 2002; LEÃO, 2002). O aumento da compactação interfere nas curvas de água no solo e abaixa o controle hidráulico, diminuindo a quantidade de água nas plantas (DEXTER, 2004). A compactação do solo diminui a quantidade de água disponível no mesmo, afetando diretamente a germinação de sementes, pois a água é o principal controlador de germinação e posterior desenvolvimento de plântulas (HAUSER, 1986).

### 2.3. MAQUINÁRIO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Tem-se no cenário da agricultura um avanço tecnológico, e com isso se está cada vez mais buscando novas técnicas e diferentes tecnologias, relacionadas principalmente as máquinas agrícolas. Pois essas possuem a necessidade de atender as requisições do aumento de produtividade e a precisão de eficiência dos produtos que são usados (GIRARDELLO et al., 2014).

A agricultura moderna criou uma dependência do maquinário agrícola, que provoca sérios atrasos quando esta ferramenta não é utilizada. A utilização de máquinas agrícolas de

forma erradica está diretamente ligada a aceleração do processo de degradação e perdas por erosão, apresentando casos em que o manejo errado chega a inviabilizar o uso de grandes áreas agrícolas para o cultivo (TORMENA et al., 1998).

De modo geral, as áreas agrícolas têm sofrido com o processo acelerado de degradação do seu poder de produção pelo uso incorreto dos manejos do solo, especialmente pela mecanização de forma excessiva e desordenada, principalmente nos sistemas agrícolas de monoculturas contínuas, assim, sendo o mais importante jeito de degradação e erosão do solo (MONDARDO, 1984).

Segundo Sá (2005), nos sistemas convencionais de preparação do solo, o manejo errado e o tráfego intenso de máquinas propiciam a compactação, não deixando acontecer o desenvolvimento das raízes em relação a profundidade. No SPD, a compactação acontece perto da superfície, pelo trânsito de máquinas no plantio, pulverização e colheita.

Os sistemas conservacionistas de produção vêm corrigindo os problemas de erosão ocasionados pelo uso errado de implementos agrícolas no preparo convencional do solo, tais como o plantio direto. Além disso, sendo bem manejado esse sistema possibilita a longo prazo a reabilitação da degradação dos solos (CASTALDO et al., 1998).

Para que se possa diminuir ou impedir a incidência da compactação da área pelo trânsito de maquinário e implementos, pode-se fazer uso da técnica de tráfego controlado, ou seja, realizar a separação dos locais para tráfego dos locais onde há o plantio, não possibilitando o adensamento do solo por causa dos pneus em linha de plantio, com isso, a área de compactação fica restrita apenas aos locais demarcados para o tráfego. Diversas são as vantagens que se tem de acordo com o uso do tráfego controlado, uma delas é a utilização de combustível que tende a abaixar, por causa da diminuição do avanço do maquinário no local, e aumento do poder de tração, justamente por estar transitando em um solo mais compactado (TREIN et al., 2005).

#### 2.4. PENETRÔMETRO DE IMPACTO

Penetrômetros são equipamentos que utilizados para a indicação da resistência do solo. Pode-se encontrar penetrômetros convencionais para serem utilizados no meio agrícola, esses são pressionados no solo de forma constante para se obter a medida da resistência do solo, de acordo com a penetração de sua ponta pode ser observada e registrada os dados no dinamômetro. E temos os penetrômetros de impacto que eram normalmente utilizados na

Construção civil, foram adaptados para a utilização no meio agrícolas no Brasil (STOLF et al., 1983).

O penetrômetro de impacto Stolf nada mais é que um equipamento de aferição do grau de resistência do solo a penetração, o impacto de um peso na haste de metal é responsável pela penetração. Esse equipamento teve seu lançamento na década de 80, e teve sua popularidade elevada entre os agricultores por causa de diversos trabalhos publicados se utilizando dessa ferramenta, mostrando seu funcionamento e características, além de demonstrar sua importante confiabilidade nos dados dispostos (Stolf et al., 1983)

Existe ainda uma dificuldade grande em se apresenta e quantificar a compactação, de uma forma que se tenha como orientar o produtor na hora que seja necessário entrar com algum manejo de solo. Uma opção prática e eficaz para se apresentar e quantificar a compactação é pelo meio de uso de técnica de penetrometria (PEDROTI et al., 2001).

A medição se dá por meio do impacto do peso elevado a uma altura padrão, que através da queda sobre uma haste, faz com que haja a penetração do equipamento no solo. A espessura se dá por meio do número de impactos que foram precisos para que o equipamento penetre uma certa espessura (STOLF, 1991). É necessário que seja tomado algumas de precauções para que as medições desse aparelho não fiquem incorretas, ou seja, alterar na resistência à penetração, da espécie de material e da umidade (CAMARGO, 1983).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**



O estudo foi realizado no mês de setembro de 2019, em áreas irrigadas por sistema de pivô central, para garantir que o solo estivesse em capacidade de campo no momento da coleta de dados, foram coletadas amostras em três propriedades situadas no município de Vianópolis – Goiás (16°39'46''S 48°22'08''W), sudeste do Estado de Goiás, região essa conhecida como Estrada de Ferro.

O clima da região é tropical úmido, com volume de chuva entre 1.200 a 1.600 mm anual, sendo os meses de dezembro e janeiro os com maiores volumes de chuva e o mês de julho o mais seco do ano. A temperatura mínima máxima média pode variar de 18 a 29 °C, mas com média de 24°C. O solo que se faz mais presente na região é o Latossolo Vermelho, que é um solo formado por material mineral, tendo horizonte B latossólico logo abaixo de qualquer forma de horizonte A, numa profundidade de 200 cm da superfície do solo (SANTOS et al., 2013), sendo que todas as áreas apresentam teores de argila superior a 35%, ou seja, textura argilosa.

Foram analisadas três áreas com amostragens de 0,0-0,50m (Figura 1; Tabela 1): Área 1 – com uma área de 100 ha e 10 anos em sistema de plantio direto, Área 2 – com uma área de 65 ha e 14 anos em sistema de plantio direto e Área 3 – com uma área de 38 ha e 18 anos em sistema de plantio direto, sendo que a rotação que mais se faz presente nas áreas é soja/milho, mas podendo variar para soja/milheto ou sorgo e feijão/milho, com predominância da primeira citada. O experimento foi conduzido antes do plantio da safra 2019/2020, as amostras foram coletadas em três diferentes pontos do pivô, de forma totalmente casualizada.



**FIGURA 1** – Mapa das áreas avaliadas sob pivô central na cidade de Vianópolis - GO, 2019

**TABELA 1** - Localização geográfica das áreas estudadas sob pivô central para avaliação de compactação do solo no município de Vianópolis-GO, 2019

<u>Propriedades</u>	<u>Localização Geográfica</u>
Agropecuária L. (área 1)	Lat: -16.812324° / Long: -48.390353°
Agropecuária P. F. (área 2)	Lat: -16.807303° / Long: -48.451755°
Agropecuária J. M. (área 3)	Lat: -16.807564° / Long: -48.451466°

A resistência do solo à penetração (RSP) foi avaliada por meio de um penetrômetro de impacto (Figura 2), modelo IAA/ Planalsucar- Stolf (Stolf et al., 1983), a profundidade que cada impacto atinge é medida com o penetrômetro, e em seguida é preciso converter a profundidade obtida no campo em resistência a penetração pelo uso das fórmulas de Stolf (1983), que fornece a resistência a penetração em  $\text{kgf cm}^{-2}$ . Foi realizado a multiplicação dos valores de Resistência à Penetração em  $\text{kgf cm}^{-2}$  pelo valor de 0,0981 para se conseguir o valor em MPa (BEUTLER et al., 2007). Para reduzir os erros devidos à diferença na umidade do solo, a avaliação foi feita em três áreas com pivôs que apresentavam lâminas de irrigação semelhantes.

Para a interpretação dos dados de penetrometria foram empregados os critérios descritos por Soil Survey Staff citado por Arshad et al. (1996) (Tabela 2), os quais adotam classes de resistência mecânica do solo à penetração. Área que apresentavam resistência à penetração superior a 2,0 MPa, foram consideradas restritivas ao crescimento radicular, desde a camada superficial, o que permiti caracterizar o solo como compactado.



**FIGURA 2** – Coleta de dados com penetrômetro de impacto na cidade de Vianópolis - GO, 2019

**TABELA 2** – Classes de resistência do solo à penetração para interpretação

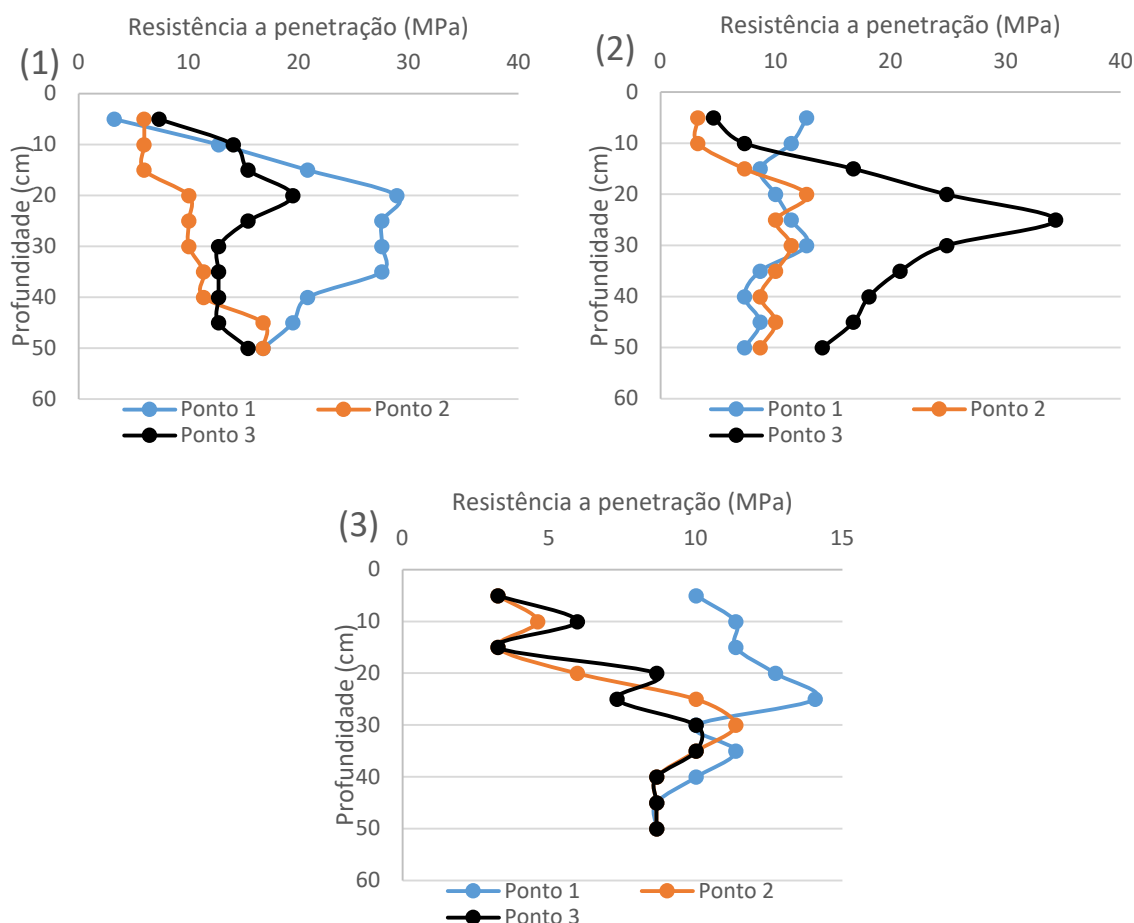
<b>Classe</b>	<b>Resistência à penetração (MPa)</b>
Extremamente baixa	< 0,01
Muito baixa	0,01-0,1
Baixa	0,1-1,0
Moderada	1,0-2,0
Alta	2,0-4,0
Muito alta	4,0-8,0
Extremamente alta	> 8,0

Fonte: Arshad et al. (1996).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 3 são apresentados os valores de resistência do solo à penetração obtidos nas áreas avaliadas. Os dados apresentam grande variação na resistência a penetração dentro das áreas e em profundidade, mesmo que todas as áreas estejam em sistema de plantio direto, os diferentes manejos empregados refletem em diferentes resistências observadas.

Conforme a interpretação de Arshad et al. (1996), todos os pontos apresentaram valores acima de 2,0 MPa. Observa-se que nas três repetições dentro de cada área, mesmo com o método de coleta igual, sobre as mesmas condições, houve pontos com grande variância em relação aos demais, o que influenciou diretamente nos valores das médias.



**FIGURA 3** – Resistência do solo a penetração nas diferentes áreas sob pivô central em diferentes profundidades do solo. (1) Agropecuária L.; (2) Agropecuária P.F. e (3) Agropecuária J.M., Vianópolis, GO, 2019

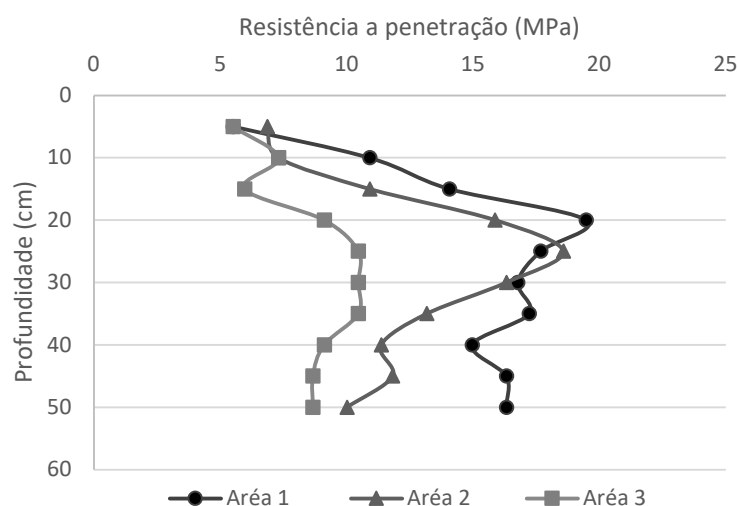
Centurion et al. (1992) destacam que seguindo o conceito dos valores de densidade e resistência a penetração do solo, no manejo do sistema de plantio direto, a compactação se faz presente em diferentes profundidades, corroborando o que foi observado nas áreas amostradas, não ocorrendo um padrão de compactação dentro das áreas e entre as áreas avaliadas. De acordo com Martins et al. (2010), a compactação do solo independe da cobertura vegetal presente na área, sendo que as culturas encontram melhores condições de desenvolvimento do sistema radicular nas camadas superficiais do solo (até 20 cm).

No sistema de plantio direto os valores de resistência a penetração do solo são superiores quando colocados lado a lado com o sistema convencional, isso até 25cm de profundidade. Ou seja, o intenso tráfego de maquinário e pisoteio animal, juntamente com a não movimentação do solo da área, tende a elevar de forma significativa o grau de compactação do local (TORMENA et al., 2002).

Além de se ter uma certa submissão de fatores intrínsecos do solo para a resistência a penetração, é de extrema importância a presença de umidade no solo (GOMES; PEÑA, 1996). Num solo onde se tem uma baixa umidade, a água se apresenta em um estado de tensão mais elevado nos poros do solo. Além disso, pode-se somar as forças de coesão e de adesão já presentes no meio dos sólidos do solo, proporcionando uma resistência mais elevada à deformação ou à penetração de raízes sob condição de umidade baixa. Já com a elevação da quantidade de água, diminui a ação das forças de coesão no meio das partículas do solo e o atrito interno, proporcionando, a redução da resistência a penetração (CUNHA et al., 2002).

Nas áreas observadas, os manejos agrícolas são realizados com o uso do tráfego de máquinas e implementos, o que deixa explícito o motivo pelo qual as áreas se encontram com alto grau de resistência a penetração, se tratando de área com a presença de irrigação constante, o tráfego intensivo, juntamente com a umidade tendem a agravar a situação. Machado (1978), relata que o uso cultivo intensivo do solo traz alterações marcantes nas propriedades físicas, com redução da porosidade total e macroporosidade e a elevação da microporosidade.

Na figura 4 são apresentadas as médias de resistência a penetração observadas por área avaliada. Pode-se observar que não existe um padrão constante de resistência a penetração em cada profundidade.



**FIGURA 4** – Média da resistência do solo a penetração nas diferentes áreas sob pivô central em diferentes profundidades do solo. (Área 1) Agropecuária L.; (Área 2) Agropecuária P.F. e (Área 3) Agropecuária J.M., Vianópolis, GO, 2019.

Pode-se observar na figura 4, que nas áreas 1 e 2, ocorre uma elevação no grau de resistência até os 20cm de solo, chegando a valores que se aproximam a 20MPa, tendo uma regressão variada a partir desse pico até os 50cm de solo, se mantendo numa faixa entre 15 a 20MPa na área 1 e 10 a 20 MPa na área 2, sendo assim, são consideradas áreas de extrema resistência a penetração das raízes (ARSHAD et al., 1996).

Na área 3, pode-se observar os menores valores de resistência a penetração, tendo nos seus primeiros 20cm de solo valores entre 5,0 e 8,0 MPa, indicando um solo com muito alta resistência a penetração, a partir dessa profundidade o solo se demonstra com extrema resistência com valores que variam de 8,0 a 11,0 MPa.

Raízes pivotantes com maior diâmetro tendem a sentir mais os efeitos da compactação do solo do que as com raízes fasciculadas com diâmetro menor, pois conseguem fazer uso dos canais já presentes no solo, por espaço de raízes que estiveram anteriormente e deterioraram ou por fissuras (WHITELEY; DEXTER, 1982). O desenvolvimento do sistema radicular pode resultar em uma deformação do solo numa região próxima ao ápice das raízes, e a pressão contra os agregados e/ou partículas pode ser suficiente para possibilitar a penetração e o esticamento das raízes, sendo que valores elevados de resistência à penetração tendem a influenciar no desenvolvimento do sistema radicular tanto em diâmetro, como em comprimento (MEROTTO; MUNDSTOCK, 1999).

Pode-se perceber nas três áreas estudadas, que existe uma diferença significativa de resistência à penetração do solo de acordo com a profundidade. Hakansson; Medvedev (1995) e Klein; Boller (1995), afirmam que em sistema de plantio direto a presença de compactação é provocada principalmente pelo excesso de tráfego de máquinas e agregação natural das partículas sólidas.

O que destaca os efeitos dos sistemas de manejo sobre a estruturação do solo é a presença de compactação nas áreas. No sistema de plantio direto não é utilizado o revolvimento do solo, tendo isso provocado a elevação da densidade do solo que tende a provocar um maior grau de resistência à penetração do solo em todas as áreas avaliadas.

As áreas avaliadas se encontram em atividade de produção a mais de 10 anos no sistema de plantio direto, estando todas na fase de consolidação do sistema, indicando que há possibilidade de se trabalhar a agricultura mesmo em solos com elevado grau de compactação. No trabalho de Cardoso (2006), o autor apresenta o caso do desenvolvimento da cultura da soja em solo compactado, sendo está também a principal cultura trabalhada nas áreas desse estudo, e indica que a existência de camadas com resistência a penetração elevada não possui grande influência na concentração de matéria seca da soja e na produtividade do grão, quando a disponibilidade hídrica para o sistema radicular é adequada, ou seja, não alterada pela compactação.

Trabalhos como o de Seixas (2001) e Silva (2004), evidenciam que é possível trabalhar a cultura do milho em solos com presença de níveis elevados de resistência a penetração, não alterando o estande de plantas, mas sim o tamanho das plantas e mantendo seu sistema radicular nas camadas mais superficiais do solo, tendo a necessidade hídrica e aeração adequada no sistema radicular.

## **5. CONCLUSÕES**

Os parâmetros avaliados no sistema de plantio direto indicam que há presença de compactação em todas as áreas coletadas neste trabalho, evidenciando que os solos nessa forma de cultivo apresentam aumento da resistência à penetração.

O conhecimento da resistência à penetração é de grande importância, pois permite avaliar as condições em que poderão ocorrer impedimento ou redução no crescimento radicular das plantas, permitindo, assim, manejo correto do solo e não redução da produtividade nas áreas.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C. **Cultivo do Milho: Sistema Plantio Direto**. 2009. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_5\\_ed/manejo2.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/manejo2.htm)>. Acesso em: 09 Março. 2019.

ALVES, M,C, **Sistema de rotação de culturas com plantio direto em latossolo roxo: efeitos nas propriedades físicas e químicas**. Piracicaba: ESALQ, 1992, 173p.

ANDRADE, R. da S.; MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F.; CARVALHO, J. de A. Consumo relativo de água do feijoeiro noplantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6,p.35-38, 2002

ARAÚJO, M. A. Efeitos da escarificação na qualidade física de um latossolo vermelho distroférico após treze anos de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, n. 2, p. 495-504, 2004.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B. GROSSMAN, B. **Physical tests for monitoring soil quality**. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, Soil Science Society of America. 1996. p. 123-141 (SSSA Special publication 49).

BEUTLER, CENTURION,

SILVA. **Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação de latossolos. Jaboticabal**. Engenharia Agrícola. Vol.27, nº.1 2007.

BOAS, A. A. V.; GARCIA, D. F. B. **Agricultura, meio ambiente e desenvolvimento sustentável: Agricultura**. In: CONGRESSO DO SOBER, 45, 2007, Londrina. Plantio direto nas culturas do milho e soja no município do chapadão do chapadão-Go e os impactos para o meio ambiente. Londrina: Sober, 2007. v. 21, p. 3 - 3. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/6/272.pdf>>. Acesso em: 09 Março. 2019.

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

CARDOSO, E. G. et al. Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 493-501, 2006.

CARVALHO FILHO, A. **Métodos de preparo do solo: alterações na rugosidade do solo**. Engenharia Agrícola, v. 27, n. 1, p. 229-237, 2007.

CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHANN, R. A. **Sistema plantio direto: Evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água**. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; RERCHERT, J. M. (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.5, p.333-370, 2007.

CASTALDO, E. D.; FOCELINI, F. A.; WEISS, A.; BACK, N. **Picador de cobertura vegetais, uma alternative viável para o manejo mecânico em pequenas propriedades rurais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998. Poços de Caldas, MG. Anais... Poços de Caldas, MG: SBEA, 1998. v. 3, P. 127-129.

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.

CUNHA, J.P.A.R. da; VIEIRA, L.B.; MAGALHÃES, A.C. **Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.10, n.1-4, p.1-7, 2002.

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

DEXTER, A.R. **Advances in characterization of soil structure.** Soil & Till. Res., 11:199-238, 1988a.

DIAS JUNIOR, M.S. & PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, 20:175-182, 1996.

FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. da. **Compactação do solo.** 2016. Disponível em: <http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/engenhariarural/CARLOSEDUARDOANGELIFURLANI/compactacao.pdf>. Acesso: 5 março. 2019.

GIRARDELLO, V. et al. **Benefícios do tráfego controlado de máquinas.** 2014. Disponível em: [http://w3.ufsm.br/projetoaquarius/pdfs/artigos/\\_a\\_agranjavitoregirardello.pdf](http://w3.ufsm.br/projetoaquarius/pdfs/artigos/_a_agranjavitoregirardello.pdf). Acesso em: 09 Março. 2019.

GOMES, A. de S.; PEÑA, Y.A. **Caracterização da compactação através do uso do penetrômetro.** Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, v.49, n.1, p.18-20, 1996.

GUERRA, S.P.S.; LANÇAS, K.P.; MAZETTO, F.R. **Utilização do GPS e do penetrômetro hidráulico-eletrônico para localização de pontos e avaliação da compactação do solo.** REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 7., 2000, Botucatu. Resumos... Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2000. p.85.

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.

HAUSER, V. L. **Water injection in grass seed furrows.** Transactions of the ASAE, Saint Joseph, v. 29, n. 5, p. 1247-1253, 1986.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics.** New York, Academic Press, 1980. 413p.

IMHOFF, S. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos Vermelhos.** 2002. 94 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002b.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P. & TORMENA, C. A. **Aplicação da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.35, n.7, p.1493-1500, 2000a.

JORGE, J. A. **Compactação do solo: causas, conseqüências e maneiras de evitar sua ocorrência.** Campinas. Instituto Agrônomo, 1986. 22p. (Circular 117).

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.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um latossolo roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja e feijão, após oito anos de plantio direto.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1998, 179p, (Tese – Doutorado em Agronomia),

LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C. & REINERT, D.J. **Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura pecuária sob plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.1131-1140, 2007.

LEÃO, T.P. **Intervalo hídrico ótimo em diferentes sistemas de pastejo e manejo da pastagem.** 2002. 58 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

LIMA, V.M.P.; OLIVEIRA, G.C.; SERAFIM, M.E.; CURI, N. & EVANGELISTA, A.R. **Intervalo Hídrico Ótimo como indicador de melhoria da qualidade estrutural de Latossolo degradado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.71-78, 2012.

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. New York, Academic Press, 1995. 889p.

MARTINS, C. A.S., PANDOLFI, F., PASSOS, R. R., DOS REIS, E. F., & CABRAL, M. G. Mineral nutrition of higher plants. Avaliação da compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, 2010.

MAZURANA, M. et al. **Propriedades físicas do solo e crescimento de raízes de milho em um Argissolo Vermelho sob tráfego controlado de máquinas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.37, n.5, p. 1185- 1195, 2013.

MEROTTO Jr., A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, 197-202, 1999.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & DEBARBA, L. **Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo.** In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H. Tópicos em ciência do solo., eds. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.

MONDARDO, A. Manejo e Conservação do Solo. Plantio Direto no Brasil. Fundação Cargill, p. 53-78, 1984. CASTALDO, E. D.; FOCELINI, F. A.; WEISS, A.; BACK, N. **Picador de cobertura vegetais, uma alternative viável para o manejo mecânico em pequenas propriedades rurais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998. Poços de Caldas, MG. Anais... Poços de Caldas, MG: SBEA, 1998. v. 3, P. 127-129.

MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. **Plantio Direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira.** Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015. 73 p. Disponível em: <[http://febrapdp.org.br/download/publicacoes/LIVRO\\_PLANTIO\\_DIRETO\\_WEB.pdf](http://febrapdp.org.br/download/publicacoes/LIVRO_PLANTIO_DIRETO_WEB.pdf)>. Acesso em: 08 Março. 2019.

OADES, J.M. **Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management.** Plant Soil, 76:319-337, 1984.

PECHE FILHO, A. **Mecanização do Sistema de Plantio Direto.** 2005. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/v571\\_mecanizacaosistemaplantiodireto.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/v571_mecanizacaosistemaplantiodireto.pdf)>. Acesso em: 5 março. 2019.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E. A.; CRESTANA, S.; FERREIRA, M.M.; GOMES, A.S.; TURATTI, A.L. **Resistência mecânica à penetração de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, V.25, n.3, p.521-529, 2001.

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.

RIBEIRO, M. A. V. **Resposta da soja e do eucalipto a fósforo em solos de diferentes texturas, níveis de densidade e de umidade.** 1999. 71p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. de D. G. dos. **Compactação do Solo: consequências para o crescimento vegetal.** Planatina/DF, Embrapa, 2005. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/baixar/349/t> Acesso em: 09 março. 2019.

SANTOS, D. C. Desempenho de cultivares e híbridos de milho em solo submetido à compactação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1188-1194, 2013.

SEIXAS, J. **Níveis de compactação do solo na cultura do milho (Zea Mays).** 2001. Disponível em: < <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/29011/D%20-%20JAIR%20SEIXAS.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 outubro. 2019.

SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; KAY, B. **Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system.** Scientia Agrícola, v. 61, n. 4, p. 451-456, 2004.

SILVA, G. J. **Desenvolvimento de plantas de soja, milho, algodão e Brachiaria brizantha, submetidas a quatro graus de compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico.** Cuiabá: UFMT, 2004. Disponível em: <<https://www.ufmt.br/ppgat/images/uploads/Disserta%20a7%20b5es-Teses/Disserta%20a7%20b5es/2004/GEOVANI%20JOS%2089%20SILVA.pdf>>. Acesso em: 05 outubro. 2019.

SILVEIRA, D. C. et al. **Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.34, n.3, p.659-667, 2010.

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

STOLF, R.; FERNANDES, J. & FURLANI NETO, V.L. **Penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf: recomendação para seu uso.** STAB, 1:18-23, 1983. [(Reeditado: Piracicaba, IAA/PLANALSUCAR, 1983. 9p. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim, 1).

TORMENA, C. A. et al. 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.; SÁ, J. C. M. **Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 22, p. 301-309, 1998.

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 growth of oilseed, wheat and pea crops on tilled and non-tilled soil.** Soil & Tillage Research, Amsterdam, v.2, n.4, p.379-393, 1982.