

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

**DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO EM SOLOS  
COMPACTADOS**

**Queufren Silva de Azevedo**

**ANÁPOLIS-GO  
2018**

**QUEUFREN SILVA DE AZEVEDO**

**DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO EM SOLOS  
COMPACTADOS**

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

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

**ANÁPOLIS-GO  
2018**

Azevedo, Queufren Silva de

Desenvolvimento da cultura do milho em solos compactados/ Queufren Silva de Azevedo. – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2018.  
23 páginas.

Orientador: 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, 2018.

1. Física do solo. 2. Desenvolvimento 3. *Zea mays* I. Queufren Silva de Azevedo. II. Desenvolvimento radicular da cultura do milho em solos compactados.

CDU 504

QUEUFREN SILVA DE AZEVEDO

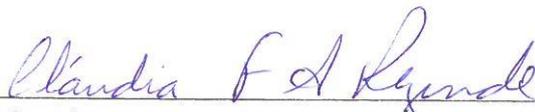
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO EM SOLOS  
COMPACTADOS

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

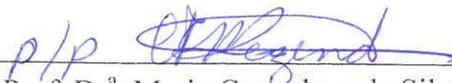
**Área de concentração:** Física do solo

Aprovada em: 18/12/2018

Banca examinadora



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



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



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Klênia Rodrigues Pacheco Sá  
UniEvangélica

Dedico esse trabalho a Deus e aos meus pais,  
Carmem de Fátima S. Azevedo e Antônio  
Leonardo de Azevedo que me apoiaram e me  
deram todas as condições de chegar até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida, aos meus pais pelo apoio e incentivo, aos amigos que estiveram comigo nessa caminhada e a minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Fabiana Alves Rezende pela orientação nesse trabalho.

Obrigado!

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

## 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. AGRONEGÓCIO DO MILHO .....	10
2.2. COMPACTAÇÃO DO SOLO.....	11
2.3. COMO A COMPACTAÇÃO DO SOLO AFETA NO DESENVOLVIMENTO DAS CULTURAS .....	12
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>21</b>

## RESUMO

O sistema de exploração agrícola tem proporcionado ao solo um acelerado processo de degradação por meio da mecanização intensiva e o uso de práticas de manejo inadequadas. A compactação leva a degradação do solo, reduzindo a produtividade, principalmente devido aos processos erosivos em conjunção a redução do conteúdo de nutrientes e da matéria orgânica. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho da cultura do milho em solo compactado. O trabalho foi realizado na Fazenda Covoá, localizada no município de Goianésia-GO. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos e quatro repetições, a cultivar utilizada foi a Pioneer 2B633PW Híbrido. O solo para a realização do experimento foi coletado na propriedade. O experimento foi conduzido em canos de PVC de 100 mm por 300 de altura. Os tratamentos foram: T1: sem compactação; T2: 50 kg de compactação (0,49 Mpa); T3: 100 kg de compactação (0,98 Mpa); T4: 150 kg de compactação (Mpa). Para as avaliações foram as variáveis morfológicas: altura de planta (AP) e diâmetro do colmo (DC) – medido com paquímetro e comprimento da folha bandeira (CFB). Diante dos parâmetros analisados neste experimento, a compactação do solo não afetou gradativamente o desempenho da cultura do milho em relação a testemunha. No entanto, é necessário conhecer os estados de compactação que reduzem o crescimento do sistema radicular das plantas, visando ao uso do solo de forma eficiente e sustentável, minimizando os efeitos adversos da compactação do solo para as culturas.

**Palavras-chave:** Física do solo, Desenvolvimento, *Zea mays*.

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento expressivo da área cultivada, a elevada produtividade e a inserção de diversos equipamentos agrícolas no processo produtivo têm consolidado a modernização agrícola e o fortalecimento do agronegócio no território brasileiro (ARAÚJO et al., 2016). A cultura do milho, além de ter importância no agronegócio, é a base de sustentação para a pequena propriedade, constituindo-se, também, num dos principais insumos do complexo agroindustrial (QUADROS et al., 2015).

O potencial produtivo de uma cultivar de milho pode ser definido como o rendimento que apresenta quando cultivada em ambiente ao qual está adaptada, sem limitações de nutrientes e sem estresse biótico e/ou abiótico. O rendimento neste caso é expresso na produção de grãos, que por sua vez, está diretamente ligada a uma série de características que são denominados componentes de produção, como: número de espigas por planta, número de fileiras de grãos na espiga e número de grãos por fileira, peso médio do grão e número de plantas por área (ARGENTA et al., 2003; BENTO, 2006; CRUZ, 2013).

Alguns entraves como a distribuição irregular e limitada disponibilidade hídrica no cerrado tem sido observada no campo (PACHECO et al., 2008). Segundo Souza (2017) o sistema de exploração agrícola tem proporcionado ao solo um acelerado processo de degradação, o qual ocasiona a remoção da vegetação nativa, por meio da mecanização intensiva e o uso de práticas de manejo inadequadas, alterando-se os atributos edáficos.

Segundo Stefanoski et al. (2013) a compactação do solo pelo tráfego de máquinas, originada da compressão do solo insaturado, é a principal causa da degradação física dos solos agrícolas. Estas consequências levam a degradação do solo, reduzindo a produtividade, principalmente devido aos processos erosivos em conjunção a redução do conteúdo de nutrientes e da matéria orgânica (ZINN et al., 2002; LAL, 2003).

Nessa camada compactada, há alteração no balanço entre macro e microporos e na porosidade total do solo, influenciando no espaço destinado ao crescimento radicular e área explorada de solo pelas raízes (BEUTLER; CENTURION, 2004; BERGAMIN et al., 2010). Assim, o desenvolvimento das raízes é afetado negativamente devido ao aumento da resistência do solo à penetração (STONE et al., 2002). Há diminuição da concentração de oxigênio, menor taxa de mineralização da matéria orgânica e à difusão lenta de nutrientes e de oxigênio (RIBEIRO, 1999), que diminui a disponibilidade e a absorção de água e de nutrientes pelas plantas (MEDEIROS et al., 2005).

Alguns estudos têm utilizado a resistência do solo a penetração (RP) e a densidade (Ds) para avaliar os efeitos dos sistemas de manejo do solo no sistema radicular (FREDDI et al., 2007; COLLARES et al., 2008). Entretanto, não tem sido possível estabelecer relações funcionais desses atributos com o crescimento do sistema radicular e a produção das culturas, pois estas são influenciadas pelas complexas interações entre as fases sólida, líquida e gasosa do solo, dificultando a obtenção de valores críticos ao desenvolvimento e produtividade as culturas (BEUTLER et al., 2004)

Eliminar completamente o tráfego de máquinas nos sistemas agrícolas comercial é inviável, porém alternativamente o número, a intensidade e a aleatoriedade do tráfego podem ser reduzidos, bem como as manobras nas extremidades da área (BOCHTIS et al., 2010). O emprego de técnicas racionais de manejo do solo vem se tornando fundamentais para garantir a máxima exploração do potencial produtivo das culturas e reduzir os problemas de degradação dos solos (MORETI et al., 2007; LOSS et al., 2011).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento da parte aérea da cultura do milho em solo compactado.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. AGRONEGÓCIO DO MILHO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) tem grande importância econômica e social. Econômica, pelo valor nutricional de seus grãos e por seu uso intenso, nas alimentações humana e animal e como matéria-prima para a indústria. Social, por ser um alimento de baixo custo, pela viabilidade de cultivo tanto em grande quanto em pequena escala e por ser a base de várias cadeias agroindustriais, como a da carne (CONAB, 2014).

A produção brasileira de milho se caracteriza por ocorrer em duas safras, ou seja, ocorre em duas épocas distintas de plantio. A primeira safra – também chamada de Safra de Verão – tem seu plantio iniciado entre agosto e setembro finalizando seu ciclo nos meses de janeiro e fevereiro. A segunda safra, chamada de Safrinha, é plantada nos meses de fevereiro e março principalmente em Estados da região Sudeste e Centro-oeste após a colheita da safra de soja (DUTRA, 2013).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) na safra 2017/2018 o milho obteve um total de 80.786,2 milhões t. Para a safra 2018/2019 em seu primeiro levantamento, estima-se a produção de milho primeira safra em 27,3 milhões t (CONAB, 2018).

Até o ano 2000, a produção de milho no Brasil tinha por objetivo, predominantemente, a demanda interna; no entanto, tal tendência se reverteu a partir de 2001. Isso ocorreu em função da queda dos preços internos, o que possibilitou aos produtores brasileiros buscarem, no mercado externo, possibilidades de preços atrativos na exportação do grão (FAVRO et al., 2015). Essa mudança no mercado ocorreu devido ao crescimento no consumo, em função de sua importância como insumo básico para a avicultura e suinocultura, setores geradores de grandes receitas para o país na forma de exportação (PINAZZA, 2007).

Apesar do crescimento da produção e das exportações, o cultivo de milho, assim como a agropecuária brasileira, possui limitações em sua cadeia produtiva, o que compromete a potencialidade do setor. Dentre elas estão: baixa produtividade média, tecnologia não difundida pelos produtores, obscuridade na formação dos preços, tanto internos como externos, a quebra de contratos, infraestrutura precária e problemas logísticos. Esses fatores provocam um desestímulo à produção desse grão, impactando nas exportações (CALDARELLI; BACCHI, 2012).

O excedente da produção brasileira desse cereal destina-se à exportação, assim como o Brasil é grande produtor, isso o tem levado a se destacar entre os grandes exportadores. A explicação a este fato se dá pelo aumento da demanda de bicomustíveis e, sobretudo, do etanol à base de milho nos EUA. A partir da decisão do governo norte-americano em utilizar o milho para a produção de etanol, os preços internacionais deste cereal se mantiveram historicamente altos, contribuindo para o crescimento da cadeia produtiva (ALVES; AMARAL, 2011).

O grão está entre as principais commodities na pauta de exportação brasileira, o que contribui para que os estados que possuem maior produção possam se beneficiar com as vantagens da comercialização para o mercado externo. A produção de milho pode ser considerada como uma alternativa de cultivo para o produto; por isso, é importante ter um mercado eficiente, com preços que sirvam de incentivo para o aumento da produção (FAVRO et al., 2015).

## 2.2. COMPACTAÇÃO DO SOLO

A compactação do solo é resultado do processo físico exercido pela ação das forças mecânicas causadas pelo tráfego de máquinas por ocasião da semeadura, tratos culturais, colheita e transporte, do pisoteio animal em áreas de pastejo e da ação da percolação de água no perfil do solo. O uso intensivo de áreas para a produção agrícola, aliado a técnicas impróprias de manejo do solo, tem causado degradação da estrutura do solo, influenciando negativamente o desenvolvimento vegetal e predispondo o solo à degradação (SOUZA, 2017).

Atualmente, a compactação do solo é considerada o principal desafio a ser enfrentado em áreas mecanizadas manejadas sob sistema plantio direto que visam elevadas produtividades (STEFANOSKI, et al., 2013). A compactação tem como consequências o decréscimo de produtividade, aumento da resistência a penetração do solo que ocasiona a redução no desenvolvimento radicular das plantas (CHAN et al., 2006, CHEN; WEIL, 2010).

A compactação, além de ser um impedimento mecânico ao crescimento radicular, afeta os processos de aeração, condutividade do ar, da água e do calor, infiltração e redistribuição da água, além dos processos químicos e biológicos (CAMARGO; ALLEONI, 1997; ROQUE et al. 2003).

A susceptibilidade do solo à compactação apresenta variações, em função das propriedades do solo, tais como teor de água e textura. A textura influencia o comportamento do solo, quando submetido a pressões externas, pois determina o atrito entre as partículas e o tipo de ligação. Em geral, quanto maiores as partículas do solo, menor sua compressibilidade e agregação (MACEDO et al., 2010).

De acordo com Batey; Mckenzie (2006), existe uma variedade de critérios diagnósticos para detectar a compactação no campo. A avaliação de mudanças das propriedades físicas do solo ocasionadas pela compressão inclui a tensão do solo, a resistência à penetração, o grau de agregação, a porosidade inter agregados e a densidade relativa.

Para verificar a existência de camadas compactadas, o penetrômetro é o instrumento que, por meio do valor da resistência do solo à penetração, mede a resistência física que o solo oferece a algo que tenta se mover através dele, como uma raiz em crescimento ou uma ferramenta de cultivo (ROBOREDO et al., 2010; BEUTLER et al., 2007). Na prática, o conhecimento da resistência à penetração é importante, pois permite identificar as condições nas quais poderá ocorrer impedimento ao crescimento radicular das plantas (LIMA et al., 2015).

O grau de compactação ou compactação relativa é a razão entre a densidade do solo e a densidade máxima do solo obtida no ensaio de Proctor (OLIVEIRA et al., 2010). Este parâmetro representa o grau de consolidação dos constituintes do solo (CRAIG, 2007) e tem sido utilizado como indicador de susceptibilidade à compactação.

### 2.3. COMO A COMPACTAÇÃO DO SOLO AFETA NO DESENVOLVIMENTO DAS CULTURAS

Os atributos físicos do solo são alterados pelo manejo, e sistemas que proporcionam aumento do teor de carbono orgânico do solo e também promovem maiores valores de diâmetro médio ponderado de agregados (BERTOL et al., 2004). Resultados têm comprovado que as espécies apresentam diferentes capacidades de crescimento radicular em camadas compactadas (JIMENEZ et al., 2008).

Para a cultura do feijão Guimarães et al. (2002) observaram que o aumento da compactação do solo afetou negativamente o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea do feijoeiro, efeito este mais expressivo a partir de densidades do solo de  $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$ . Além disso, também podem existir diferenças dentro da mesma espécie, conforme constatado

por Beulter et al. (2006), para diferentes materiais genéticos de soja, ao observarem redução na produtividade, quando o solo apresenta resistência mecânica à penetração superior a 2,24 MPa.

Para a cultura da soja, Silva et al. (2006) encontraram redução no crescimento da parte aérea em densidade superior a 1,40 Mg m<sup>-3</sup>, Queiroz-Voltan et al. (2000) constataram que valores de densidade do solo abaixo de 1,5 kg dm<sup>-3</sup>, não afetaram o desenvolvimento das cultivares de soja em seu experimento. Já Reichert et al. (2003) consideram 1,55 mg m<sup>-3</sup> como densidade crítica para o bom crescimento do sistema radicular em solos de textura média para a cultura.

Marchão et al. (2007) em experimento de longa duração na região do Cerrado, avaliaram a qualidade física do solo em sistemas de Integração-Lavoura-Pecuária (ILP), em comparação a sistemas tradicionais de cultivo e sistemas de plantio contínuo de lavoura e de pastagem, e constataram incremento na resistência à penetração e na densidade do solo por causa do pisoteio animal. Esses autores concluíram que, apesar de significativos, os impactos não foram limitantes à produção dos cultivos anuais subsequentes e também verificaram que os sistemas de ILP contribuíram para aumentar o armazenamento de água no solo, sobretudo quando associados ao sistema plantio direto (SPD).

O correto diagnóstico da compactação dos solos agrícolas é de fundamental importância para escolha do modelo de mecanização, de modo a proporcionar a maximização da produtividade, juntamente com a conservação dos recursos naturais disponíveis. A caracterização da camada compactada e o comportamento da planta em relação à densidade e porosidade do solo são fundamentais, pois, tem levado o agricultor a realizar operações de subsolagem, que se apresentam como uma das operações mais onerosas do preparo do solo (LINS; SILVA, 1994).

Além do processo mecânico de romper camadas compactadas do solo com uso de escarificadores e subsoladores, a utilização de espécies de plantas de cobertura, sobretudo com a utilização da rotação de culturas com espécies vegetais com sistema radicular vigoroso, faz-se conveniente visto que, além da proteção da superfície do solo com a presença de resíduos vegetais, as raízes dessas espécies vão se decompor, deixando canais que proporcionarão o aumento do movimento de água e a difusão de gases (MÜLLER et al., 2001).

As raízes de *Crotalaria juncea*, por exemplo, podem crescer em camadas de solo compactado e desenvolver maior número e raízes laterais nesta camada, contribuindo assim

para a formação de bioporos e melhorando as condições físicas do solo. As crucíferas têm um desenvolvimento radicular que permite maior exploração do solo e conseqüentemente favorece as culturas cultivadas em sucessão (FOLONI et al., 2006).

Williams; Weil (2004) por análise de imagens, observaram raízes de soja em solo compactado, se desenvolvendo-se nos bioporos deixados por raízes de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e canola (*Brassica rapa*), demonstrando o benefício que culturas antecessoras podem trazer às subseqüentes. A aveia preta (*Avena strigosa*) pode ser utilizada como cobertura do solo em plantio direto, principalmente pela sua elevada produção de palha, supressão de plantas daninhas e melhorias nas características físicas do solo, como diminuição da densidade do solo, aumento da macroporosidade e aumento da infiltração de água (SANTI et al., 2003).

Além do efeito do sistema radicular, conforme Braida et al. (2006), o acúmulo de matéria orgânica no solo, proporcionado por diferentes formas de manejo, aumenta sua umidade crítica para a compactação, tornando-o mais resistente. Conforme os autores, a manutenção da palhada na superfície do solo dissipa, até 30%, a energia de compactação à qual o solo é submetido.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Covoá, localizada no município de Goianésia-GO possuindo as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 15° 19' 03" S, e Longitude 49° 07' 03" W, com altitude de 640 m. O clima da região é classificado de acordo com Köppen como Aw (tropical com estação seca), com chuvas de outubro a abril, precipitação pluviométrica média anual de 1.518 mm e temperatura média anual de 24°C.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro tratamentos e quatro repetições, a cultivar utilizada foi a Pioneer 2B633PW Híbrido. O solo, Latossolo Vermelho, para a realização do experimento foi coletado na propriedade, com presença de pastagem no local, sendo retirada e deixando a superfície do solo limpa para a coleta, onde o mesmo foi homogeneizado, peneirado e depois inserido nos canos para a realização do experimento.

O experimento foi conduzido em canos de PVC de 100 mm por 300 mm de altura. Foram colocadas três sementes por tratamento, cinco dias após a emergência foi realizado o desbaste das plantas menores deixando-se uma planta, sendo a mais vigorosa por cano. Para a realização da compactação do solo, foi utilizado uma prensa hidráulica, submetida aos pesos de 50, 100 e 150 kg para a determinação dos tratamentos.



**FIGURA 01** – Experimento com 15 dias após a emergência.

Fonte: Autor.

O tratamento testemunha (sem compactação) foi obtido por meio do preenchimento do cano com solo sem prensagem. Os tratamentos realizados foram: T1: sem compactação; T2: 0,49 MPa; T3: 0,98 MPa; T4: 1,47 MPa. A umidade do solo foi verificada diariamente e realizada a reposição da água quando necessário. Não foi realizado nenhuma adubação de base e cobertura durante as avaliações do experimento.

Foram realizadas duas avaliações aos 15 e 30 dias após a emergência (DAE). Onde foi verificado o número de folhas (NF) por planta e as variáveis morfológicas: altura de planta (AP), do solo até a última folha medido com paquímetro, e diâmetro do colmo (DC) – medido com paquímetro.



**FIGURA 02** – Experimento com 30 dias após a emergência.

Fonte: Autor.

Os dados obtidos foram comparados por meio de análise de variância e teste de médias (teste Tukey) a 5% de probabilidade. Fez-se também análise de regressão e foram consideradas as equações significativas a 5% pelo teste F, com maior coeficiente de determinação. O programa estatístico usado foi o Sisvar 5.6.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Tromenta et al. (1998) o crescimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas é influenciado por várias propriedades físicas do solo, com complexas interações. A restrição física no solo influenciou os parâmetros avaliados até os 30 DAE. Observa-se na tabela 1 que na primeira avaliação realizada aos 15 DAE de altura de plantas, o uso de 0,49 MPa de impedância do solo foi o que menos afetou o desenvolvimento da cultura do milho, sendo estatisticamente igual a testemunha sem compactação. Os tratamentos com 0,98 MPa e 1,47 MPa apresentaram a menor altura de plantas, sendo que também foram estatisticamente iguais a testemunha.

**TABELA 1** – Resultados das avaliações realizadas aos 15 e 30 dias após a emergência (DAE) na altura de plantas (AP), diâmetro do colmo (DC) e número de folhas (NF) na cultura do milho, realizado na Fazenda Covoá em Goianésia-GO, 2017.

Tratamentos MPa	AP1 (cm)		DC1 (mm)		AP2 (cm)		DC2 (mm)		NF (mm)	
	15 DAE				30 DAE					
0,0	20,85	ab	8,00	a	73,42	b	13,00	ab	7,00	ab
0,49	23,52	a	6,25	b	76,55	ab	13,25	ab	7,75	a
0,98	18,92	b	8,00	a	74,32	ab	14,75	a	7,75	a
1,47	19,32	b	8,50	a	83,35	a	13,00	ab	7,25	a
Teste F	0,005	*	0,000	**	0,000	**	0,002	*	0,000	**
CV (%)	9,58		10,12		7,17		10,74		8,10	

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si. C.V. – Coeficiente de variância.

Aos 15 DAE se observa o resultado inverso a altura da planta para o diâmetro do colmo. O tratamento com 0,49 MPa foi o que obteve o menor diâmetro médio, sendo que os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. As melhores condições de espaços porosos dentro do solo permitem as raízes absorção de água e nutrientes, proporcionando maior desenvolvimento da planta.

Segundo Foloni et al. (2003) o diâmetro médio das plantas de milho aumenta significativamente com a compactação do solo. Neste trabalho mesmo sem diferenças estatísticas aos 15 DAE a resistência de 1,47 MPa apresentou o maior diâmetro observado nas plantas de milho.

Nas avaliações realizadas aos 30 DAP o uso de 1,47 MPa foi que o apresentou a maior altura quando comparado a testemunha, sendo que os demais não diferiram

estatisticamente. Para o diâmetro do colmo a testemunha apresentou o menor valor, e a resistência de 0,98 MPa no solo apresentou o maior diâmetro do colmo diante.

A redução no crescimento aéreo das plantas de milho aos 30 dias de cultivo, foi, em média, 22% quando comparado o tratamento com 1,47 MPa e a testemunha. Freddi et al. (2008) destaca que elevadas produtividades de milho estão correlacionadas com o bom crescimento da parte aérea das plantas, em condições de menor densidade do solo.

Foloni et al. (2003) observaram a redução de 20% no crescimento aos 40 dias sob 1,4 MPa de resistência mecânica do solo, em contrário ao observado nesse trabalho, onde a maior resistência proporcionou maior crescimento das plantas.

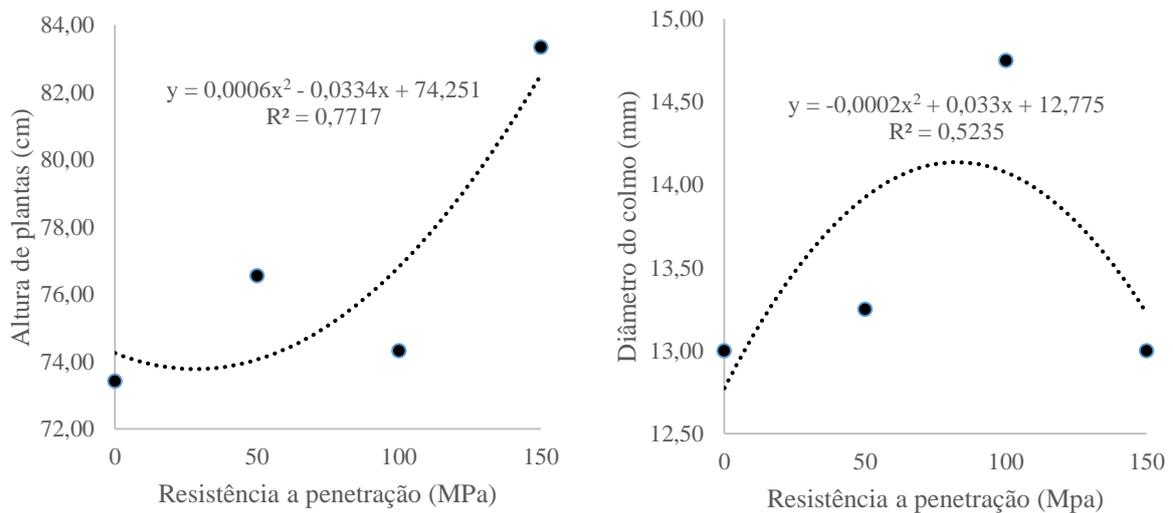
A resposta à compactação das principais culturas ainda não está completamente elucidado. Rosenberg (1964) afirma que uma leve compactação foi benéfica às culturas, quando comparada ao solo extremamente solto e desagregado. Entretanto, em níveis mais elevados, a compactação promoveu efeitos prejudiciais às plantas, tais como germinação e brotação mais lentas, redução no estande, menor peso e altura por planta e menor produção por área.

O que pode explicar o observado neste trabalho, onde aos 30 DAE, as plantas em solo compactado apresentavam parâmetros morfológicos destacados em relação à testemunha. O que se observa é uma menor aeração e a resistência mecânica ao desenvolvimento das raízes em solos muito densos (acima de 2,0 MPa) e a baixa disponibilidade de água e nutrientes em solos pouco densos.

Para Foloni et al. (2003) o crescimento radicular do milho em Latossolo Vermelho distroférrico textura média foi prejudicado em 50% quando a resistência a penetração foi de 0,75 MPa e totalmente inibido quando esta chegou a 1,4 MPa. Segundo Andrade et al. (2009), as culturas de cobertura, especialmente as gramíneas, favoreceram a agregação do solo na camada superficial, mantendo-a ou aumentando-a em relação ao solo sob mata nativa. Estes autores concluíram também que o cultivo de milho consorciado com braquiária foi um dos que proporcionaram boa qualidade física ao solo.

As pesquisas realizadas para obter respostas das plantas em solos com diferentes estados de compactação, normalmente são realizadas em vasos e podem não representar realmente as condições impostas pelo ambiente em campo ao crescimento e desenvolvimento das plantas. A compactação adicional influencia negativamente sistema radicular do milho, sendo a macroporosidade o indicador de qualidade do solo mais bem relacionado com o comprimento e a superfície radicular (BERGAMIN et al., 2010).

A altura e o diâmetro médio das plantas de milho variaram significativamente nas diferentes resistências a penetração avaliadas, porém, de maneira aleatória e não manteve proporcionalidade com os níveis de impedância mecânica do solo no experimento avaliado (Figura 1).



**FIGURA 3** – Correlação entre as variáveis altura e diâmetro médio na cultura do milho aos 30 dias após a emergência na presença de camadas compactados no solo

O milho mostrou-se sensível à compactação do solo, por isso, torna-se necessário que se faça um diagnóstico prévio das condições físicas do solo de áreas onde se pretende cultivar pois, provavelmente, a restrição física ao desenvolvimento radicular pode proporcionar prejuízos ao desenvolvimento da cultura.

## **5. CONCLUSÃO**

Diante dos parâmetros analisados neste experimento, a compactação do solo não afetou gradativamente o desempenho da cultura do milho em relação a testemunha. No entanto, é necessário conhecer os estados de compactação que reduzem o crescimento do sistema radicular das plantas, visando ao uso do solo de forma eficiente e sustentável, minimizando os efeitos adversos da compactação do solo para as culturas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, H. C. R.; AMARAL, R. F. do. Produção, área colhida e produtividade do milho no Nordeste. **Informe Rural Etene. Banco do Nordeste**, ano V, n. 16, set. 2011.

ANDRADE, R.S.; STONE, L.F. & SILVEIRA, P.M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 13:411-418, 2009.

ARAÚJO, H. M.; OLIVEIRA, A. M.; CRUZ, R.; SOUZA, A. C. O agronegócio do milho e a modernização agrícola na sub-bacia do rio salgado. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 585-594, 2016.

ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C; STRIEDER, M.; FORSTHOFER, E.L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agrária**, Piracicaba, v.4, n.1-2, p.27-34, 2003.

BATEY, T.; MCKENZIE, D. C. Soil compaction: Identification directly in the field. **Soil Use and Management**, v.22, p.123- 131, 2006.

BENTO, D.A.V. **Mapeamento de QTLs para produção de grãos e seus componentes em uma população de milho tropical**. 2006. 134f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BERGAMIN, A. C.; VITORINO, A. C. T.; FRANCHINI, J. C.; SOUZA, C. M. A; SOUZA, F. R. Compactação em um Latossolo Vermelho distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. 2010.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JÚNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.155-163, 2004.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P. Intervalo hídrico ótimo e a produção de soja e arroz em dois Latossolos. **Irriga**, 9:181-192, 2004.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2004.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P.; SILVA, A. P. da. Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em Latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.787-794, 2006.

BEUTLER, N. A.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P. Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação de Latossolos. **Engenharia Agrícola**, 2007.

BOCHTIS, D. D.; SORENSEN, C. G.; GREEN, O.; MOSHOU, D.; OLESEN, J. Effect of controlled traffic in field efficiency. **Biosystems Engineering**, v. 106, p. 14-25, 2010.

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

CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Revista Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 22, p. 141-164, 2012.

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

CRAIG, R. F. Mecânica dos solos. Rio de Janeiro: **Livros Técnicos e Científicos**, 2007.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. Circular técnica 87; **Manejo da cultura do milho**. 12 p. Sete Lagoas, 2006.

DUTRA, V. H. N. **Tendências da oferta e demanda mundial de milho e seus impactos na cadeia produtiva do agronegócio brasileiro**. Trabalho apresentado para obtenção parcial do título de Especialista em Agronegócio no curso de Pós-Graduação em Agronegócio do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 2017.

FAVRO, J.; CALDARELLI, C. E.; CAMARA, M. R. G. da. Modelo de análise da oferta de exportação de milho brasileira: 2001 a 2012. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 3, p. 455-476, 2015.

FOLONI, J. S.S.; LIMA, S. L.; BÜLL, L. T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.49-57, 2006.

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

FREDDI, O. D. S., FERRAUDO, A. S., CENTURION, J. F. Análise multivariada na compactação de um Latossolo Vermelho cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 953-961, 2008.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; MOREIRA, A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. II: Efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.213-218, 2002.

JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R.; SILVA, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.116-121, 2008.

LAL, R. Global potential of carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. *Critical Review in Plant Science*, Philadelphia, v. 22, n. 2, p. 151-184, 2003.

LIMA, R. P.; LEÓN, M. J.; DA SILVA, A. R. Compactação do solo de diferentes classes texturais em áreas de produção de cana-de-açúcar. *Ceres*, v. 60, n. 1, 2015.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

MACEDO, V. R. M.; SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V. Influência de tensões compressivas na pressão de pré compactação e no índice de compressão do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2010.

MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M. da; SANTOS JUNIOR, J. de D.G. dos; SÁ, M.A.C. de; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.873-882, 2007.

MELO, I. G. C. **Seeding densities of legumes in improving soil quality and yield of corn**. 2015. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

MORETI, D.; ALVES, M. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; CARVALHO, M. P. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 167-175, 2007.

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

OLIVEIRA, V. S.; ROLIM, M. M.; VASCONCELOS, R. F. B.; COSTA, Y. D. J.; PEDROSA, E. M. R. Compactação de um Argissolo Amarelo Distrocoeso submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.914-920, 2010.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobre semeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.815-823, 2008.

PINAZZA, L. A. **A cadeia produtiva do milho**. Brasília, DF: IICA: MAPA/SPA. 2007.

ROSENBERG, N.J. Response of plants to the physical effects of soil compaction. **Adv. Agron.**, New York, 16:181-196,1964.

ROBOREDO, D.; MAIA, J. C. S.; OLIVEIRA, O. J.; ROQUE, C. G. Uso de dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica de um Latossolo vermelho distrófico. **Engenharia Agrícola**, 2010.

SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1075-1083, 2003.

SILVA, G. J.; MAIA, J. C. S; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-escuro distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.31-40, 2006.

STEFANOSKI, D. C. S. G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1301-1309, 2013.

QUADROS, P. D.; ROESCH, L. F. W.; DA SILVA, P. R. F.; VIEIRA, V. M.; ROEHRS, D. D.; DE OLIVEIRA CAMARGO, F. A. Desempenho agronômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Ceres**, v. 61, n. 2, 2015.

ZINN, Y. L.; DIMAS, V. S.; SILVA, J. E. Soil organic carbon as affected by afforestation with Eucalyptus and Pinus in the Cerrado region of Brazil. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 166, n. 3, p. 285-294, 2002.

WILLIAMS, S.M; WEIL, R.R. Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on soybean crop. **Soil Science Society of America Journal**, v.68, p.1403-1409, 2004.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.891-900, 2004.