

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

COMPACTAÇÃO DO SOLO E PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE SORGO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

YURI LIPPERT DALOSTO

ITAQUI, RS, BRASIL

2017

YURI LIPPERT DALOSTO

COMPACTAÇÃO DO SOLO E PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE SORGO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Dr. Amauri Nelson Beutler

ITAQUI, RS, BRASIL

2017

D136c Dalosto, Yuri Lippert
COMPACTAÇÃO DO SOLO E PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE SORGO /
Yuri Lippert Dalosto.
26 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --
Universidade Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2017.
"Orientação: Amauri Nelson Beutler".

1. Compactação do solo. 2. Tráfego de máquinas. I.
Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus.

A todos meus familiares, mas principalmente aos meus pais, por serem o alicerce que me mantém firme e confiante, pelo amor incondicional que demonstram a mim, bem como ao meu irmão Gregory, por estarem ao meu lado sempre que precisei.

A minha querida namorada Isadora, companheira e amiga, agradeço pelo apoio e amor dedicados a mim.

A meu orientador, Amauri Nelson Beutler, que acreditou em mim, que comigo partilhou seus conhecimentos e experiências, e que sempre me motivou. Quero expressar o meu reconhecimento e admiração pela sua competência profissional e minha gratidão.

Aos meus amigos Marcelo e Matheus, que sempre me auxiliaram nesta etapa.

Aos demais professores, funcionários da universidade e colegas que contribuíram para meu aprendizado acadêmico, agradeço pelas lições de vida essenciais na minha caminhada pessoal e profissional. Gratidão a todos que me acompanham nesta caminhada.

RESUMO

COMPACTAÇÃO DO SOLO E PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE SORGO

Autor: Yuri Lippert Dalosto

Orientador: Amauri Nelson Beutler

Local e data: Itaqui, 05 de dezembro de 2017

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é uma planta com altas taxas fotossintéticas e pode ser cultivada em quase todo território nacional. Esta cultura é de enorme utilidade em regiões muito quentes e muito secas, onde culturas como o milho não atinge o máximo em produtividade de grãos ou de forragem (Molina *et al.*, 2000). O termo compactação do solo refere-se à compressão do solo não saturado durante a qual existe aumento da sua densidade do solo (Ds) por consequência da redução de seu volume (Gupta *et al.*, 1989). O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS, na safra 2015/16. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com quatro tratamentos, quatro repetições, parcelas de 12 m² (3 x 4 m). Os quatro tratamentos foram: a) zero passada de trator; b) uma passada de trator; c) duas passadas de trator após o preparo do solo, d) testemunha, sem preparo do solo e sem tráfego de máquinas; Para as análises físicas utilizou-se parcelas subdivididas 4 x 3, sendo três as camadas de solo (0-5, 5-10 e 15-20 cm). A Ds ocorreu redução da macroporosidade. Isso resulta em menor qualidade física do solo, pois já apresenta um número menor que 10% de macroporosidade, que é o mínimo necessário ao desenvolvimento das culturas (Reinert & Reichert, 2006). Não há uma porcentagem descrita para a cultura do sorgo, assim, a redução de 7 para 4% da macroporosidade, no tratamento de zero passada de trator para o tratamento com duas passadas de trator, reduz as trocas gasosas e circulação de água no solo, com reflexos na produtividade. Quando não há o tráfego de máquinas, a produtividade de massa seca de sorgo é de 12,2 t ha⁻¹.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, densidade do solo, tráfego de máquinas

ABSTRACT

SOIL COMPACTION AND DRY PASTA PRODUCTION

Author: Yuri Lippert Dalosto

Advisor: Amauri Nelson Beutler

Data: Itaquí, dezembro 05, 2017

Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) is a plant with high photosynthetic rates and can be cultivated in almost all national territory. This crop is very useful in very hot and very dry regions, where crops such as corn do not reach the maximum in grain or forage yield (Molina et al., 2000). The term soil compaction refers to the compression of the unsaturated soil during which there is an increase in its soil density (Ds) as a result of the reduction of its volume (Gupta et al., 1989). The experiment was conducted in the experimental area of the Federal University of Pampa, Campus Itaquí-RS, in the 2015/16 crop. The experimental design was randomized blocks with four treatments, four replications, plots of 12 m² (3 x 4 m). The four treatments were: a) zero tractor zero; b) one tractor pass; c) two tractor passes after soil preparation, d) control, without tillage and without machine traffic; For the physical analyzes, 4 x 3 subdivided plots were used, three of which were the soil layers (0-5, 5-10 and 15-20 cm). Ds occurred reduction of macroporosity. This results in lower soil physical quality, since it already has a number less than 10% macroporosity, which is the minimum necessary for crop development (Reinert & Reichert, 2006). There is no described percentage for sorghum crop, so the reduction of 7 to 4% of the macroporosity, in the treatment of zero past tractor for the treatment with two passes of tractor, reduces the gaseous exchanges and circulation of water in the soil, with reflections on productivity. When there is no machine traffic, the dry mass yield of sorghum is 12.2 t ha⁻¹.

Key words: *Sorghum bicolor*, soil density, machine traffic

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da análise de variância para verificação dos fatores, manejo do solo (duas passadas de trator, uma passada de trator, testemunhas, solo descompactado) e profundidades (0-5, 5-10, 15-20 cm) e suas interações sobre a densidade do solo (Ds), microporosidade (Micro), macroporosidade (Macro) e porosidade total (Pt).....	13
Tabela 2. Média de densidade do solo nas camadas de Plintosolo Háplico.....	14
Tabela 3. Densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo em função de diferentes manejos em Plintosolo Háplico.....	14

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVO.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5 CONCLUSÃO.....	20
6 REFERÊNCIAS.....	21
7 ANEXOS.....	26

1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor L.*) é uma planta com altas taxas fotossintéticas e pode ser cultivada em quase todo território nacional. Esta cultura é de enorme utilidade em regiões muito quentes e muito secas, onde culturas como o milho não atinge o máximo em produtividade de grãos ou de forragem (Molina *et al.*, 2000). Na África e na Ásia a cultura do sorgo é considerada uma cultura chave devido a grande importância na alimentação humana. No Brasil, o sorgo é utilizado na alimentação animal para a formulação de ração e silagem.

O termo compactação do solo refere-se à compressão do solo não saturado durante a qual existe aumento da sua densidade do solo (Ds) por consequência da redução de seu volume (Gupta *et al.*, 1989). Os efeitos negativos da compactação do solo sobre a produtividade são dependentes das condições climáticas durante o ciclo de desenvolvimento da cultura (Lindstron & Voorhees, 1994), podendo limitar a adsorção e absorção de nutrientes, dificultar infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e o desenvolvimento do sistema radicular (Bicki & Siemens, 1991), resultando no decréscimo de produção, aumento de erosão e da energia necessária para o preparo do solo (Soane, 1990).

Não há consenso sobre quais são os níveis críticos de compactação do solo para o sorgo, aos quais as plantas toleram sem que ocorram perdas produtivas, além de que os valores críticos de Ds variam conforme a textura. Quanto maior o teor de argila, menor o valor crítico de Ds. Em geral, os valores limitantes de Ds para as culturas são de 1,45 Mg m⁻³ em solos argilosos (teor de argila maior que 55%), 1,55 Mg m⁻³ em solos de textura média (teor de argila entre 20 e 55%) e de 1,65 Mg m⁻³ em solos de textura arenosa (teor de argila menor que 20%) (Reichert *et al.*, 2009).

O sorgo, em solo compactado apresenta aumento do diâmetro radicular em camadas compactadas, resultando em uma raiz agressiva, com maior número de raízes secundárias (Sales *et al.*, 2016). Segundo Lund & Elkins (1978) raízes crescidas em camadas compactadas criam poros por onde as raízes da cultura subsequente crescem com maior facilidade. Além disso, plantas de cobertura, para ser utilizada em sistemas de semeadura direta, devem produzir matéria seca na parte aérea no menor tempo possível (Cruz *et al.*, 2001).

O uso do preparo mecanizado do solo busca a criação de condições favoráveis para a germinação, emergência e o crescimento radicular das plantas. Existem diversos métodos de preparo do solo, podendo variar desde uma intensa mobilização do solo, como o preparo convencional, até o preparo conservacionista onde não ocorre o revolvimento do solo (Valicheski *et al.*, 2012).

A estrutura do solo depende da intensidade de revolvimento do solo, trânsito de máquinas agrícolas, tipos de equipamentos utilizados, manejo dos resíduos vegetais e condições do solo no momento do preparo (Vieira, 1984). Com o tráfego de máquinas e implementos agrícolas em condições inadequadas de manejo, podem ocorrer alterações nas estruturas e nos atributos físicos do solo, formando uma camada superficial compactada (Campos *et al.*, 1995). Os atributos físicos que mais sofrem alterações são a Ds e a porosidade (Figueiredo *et al.*, 2009). A porosidade está diretamente ligada com a compactação, reduzindo a infiltração de água, e dificultando o crescimento radicular, resultando no decréscimo de produtividade da cultura e degradação acelerada do solo (Kirkegaard *et al.*, 1993).

2 OBJETIVO

Avaliar a produção de massa seca do sorgo forrageiro em níveis de compactação do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS, na safra 2015/16, nas coordenadas geográficas 29° 12' 28" S e 56° 18' 28" W, 64 m de altitude, em um Plintossolo Háplico (EMBRAPA, 2013). O solo apresenta composição granulométrica de 190 g kg⁻¹ de argila, com 0,8% de declividade e 64 m de altitude. O clima é do tipo Cfa, subtropical úmido sem estação seca definida, com verões quentes (Wrege *et al.*, 2011).

O solo foi preparado no sistema convencional, com escarificação e gradagem. A escarificação foi realizada com escarificador de cinco hastes na profundidade de 0,30 m. No tratamento testemunha não houve o revolvimento do solo.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com quatro tratamentos, quatro repetições, parcelas de 12 m² (3 x 4 m). Os quatro tratamentos foram: a) zero passada de trator; b) uma passada de trator; c) duas passadas de trator após o preparo do solo, d) testemunha, sem preparo do solo e sem tráfego de máquinas; Para as análises físicas utilizou-se parcelas subdivididas 4 x 3, sendo três as camadas de solo (0-5, 5-10 e 15-20 cm).

A cultivar de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L.) foi a AG 2501C, que tem características de ciclo super precoce com sistema radicular fasciculado, profundo e agressivo, com a finalidade de pastejo, palhada e produção de grãos.

A adubação foi realizada no dia 3 de setembro de 2015, com semeadora adubadora, no espaçamento de 0,50 m entre fileiras, em que foram realizados os sulcos e deposição de adubo. A semeadura do sorgo foi de forma manual com população de 300.000 sementes por hectare, 15 sementes por metro. A adubação foi de 60, 180, 200 kg de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente de acordo com Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004).

As análises das propriedades físicas do solo foram realizadas em três camadas (0-5, 5-10 e 15-20 cm profundidade), um mês após a compactação do solo.

A densidade do solo (Ds) determinada pelo método do anel volumétrico, a porosidade total (Pt), macro e microporosidade conforme metodologia descrita por Embrapa (1997).

Para determinar a massa de matéria seca da parte aérea do sorgo, foi realizado corte das plantas, 5 cm da superfície do solo, dia 22 de dezembro de 2015, aos 110 dias após a semeadura e as plantas foram secas em estufa a 65 °C até peso constante.

Os dados foram submetidos ao teste de variância (ANOVA) para verificação da significância dos fatores isolados e suas interações, das camadas (0-5, 5-10 e 15-20 cm), quando significativos foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos atributos físicos do solo, houve diferença apenas para a Ds e macroporosidade. A Ds apresentou diferença para manejo e camadas de solo, sem interação e a macroporosidade apresentou diferença apenas entre sistemas de manejo (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para verificação dos fatores, manejo do solo (duas passadas de trator, uma passada de trator, testemunhas, solo descompactado) e profundidades (0-5, 5-10, 15-20 cm) e suas interações sobre a densidade do solo (Ds), microporosidade (Micro), macroporosidade (Macro) e porosidade total (Pt).

Causas da variação	Graus de liberdade	Teste de F			
		Ds	Micro	Macro	Pt
Camadas	2	9,4955**	0,3666 ^{ns}	1,8928 ^{ns}	0,3424 ^{ns}
Manejos	3	5,0709**	0,4222 ^{ns}	5,3828**	0,5992 ^{ns}
Manejos x camadas	6	1,3506 ^{ns}	0,4405 ^{ns}	0,8392 ^{ns}	0,6249 ^{ns}
Erro	36	0,007	0,007	0,0005	0,007
CV%	21,81				
Total	47	-	-	-	-

** , ^{ns}, significativo a 1% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

A menor Ds do solo foi verificada na camada superficial de 0-5 cm, comparada a camada de 15-20 cm, em razão do revolvimento superficial durante a gradagem e semeadura e do maior conteúdo de matéria orgânica na superfície do solo (Tabela 2). Verificou-se que a compactação do solo com trator aumentou a Ds, porém como não houve interação camada x manejo, não foi possível verificar o efeito da compactação nas camadas superficiais nos sistemas de manejo em que ocorreu tráfego de máquinas.

Tabela 2. Média de densidade do solo nas camadas de Plintosolo Háplico.

Camada cm	Densidade do solo g cm ⁻³
0-5	1,60 a
5-10	1,61 ab
15-20	1,66 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem na coluna estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A microporosidade não apresentou diferença entre manejos (Tabela 3), concordando com Rosa *et al.*, (2008), onde verificaram que no sistema de semeadura convencional a microporosidade do solo não apresenta diferença em camadas distintas, em consequência dos microporos possuírem um tamanho menor que 0,1 mm e são mais resistentes a deformações e pouco alterado pela compactação (Sousa *et al.*,2008).

Assim, não sofrem alterações com o uso de implementos como grades e arados (Bouma *et al.*, 1977), Silva & Kay (1997) afirmam que a microporosidade é a mais influenciada pela textura do solo e seu teor de carbono orgânico, do que pela densidade do solo.

Tabela 3. Densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo em função de diferentes manejos em Plintosolo Háplico.

Manejo	Densidade do solo	Micro	Macro	Pt
	g cm ⁻³			
Testemunha	1,62 ab	0,30	0,05 ab	0,35
Zero passada de trator	1,59 b	0,30	0,07 b	0,37
Uma passada de trator	1,66 ab	0,33	0,05 ab	0,38
Duas passadas de trator	1,70 a	0,30	0,04 a	0,34

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A alteração da Ds refletiu apenas na redução da macroporosidade do solo, de forma inversa, ou seja, com o aumento da Ds ocorreu redução da macroporosidade. Isso resulta em menor qualidade física do solo, pois já apresenta um número menor que 10% de macroporosidade, que é o mínimo necessário ao desenvolvimento das culturas (Reinert & Reichert, 2006). Não há uma porcentagem descrita para a cultura do sorgo, assim, a redução de 7 para 4% da macroporosidade, no tratamento de zero passada de trator para o tratamento com duas passadas de trator, reduz as trocas gasosas e circulação de água no solo, com reflexos na produtividade. Além disso, a compactação pode diminuir a taxa de alongação celular das raízes das plantas, por causa da baixa atividade biológica e pouca porosidade disponível para a passagem das raízes, fazendo com que a absorção de água e nutrientes seja prejudicado (Beutler & Centurion, 2004; Beutler *et al.*, 2007).

Berisso *et al.*, (2013) relataram que a deformação do solo é afetada pela intensidade e direção das tensões aplicadas ao solo durante o tráfego de máquinas agrícolas. Essa deformação, altera a distribuição do tamanho dos poros e conectividade do sistema poroso, o que por sua vez afeta negativamente a permeabilidade do solo ao ar e sua condutividade hídrica do solo (CHS). Quando há o tráfego intenso de máquinas em comparação a um sistema de tráfego reduzido, há também a redução de CHS, diminuindo a infiltração de água (Camara & Klein, 2005), evaporação, redistribuição e ascensão capilar (Genro Junior *et al.*, 2009).

Quando o solo atinge seu ponto máximo de infiltração ocorre o selamento superficial.

Quando não há o tráfego de máquinas, a produtividade de massa seca de sorgo é de 12,2 t ha⁻¹ (Gráfico 1.), pois não há complicações como o aumento a resistências de penetração de raízes, aeração e disponibilidade de água (Letey, 1985).

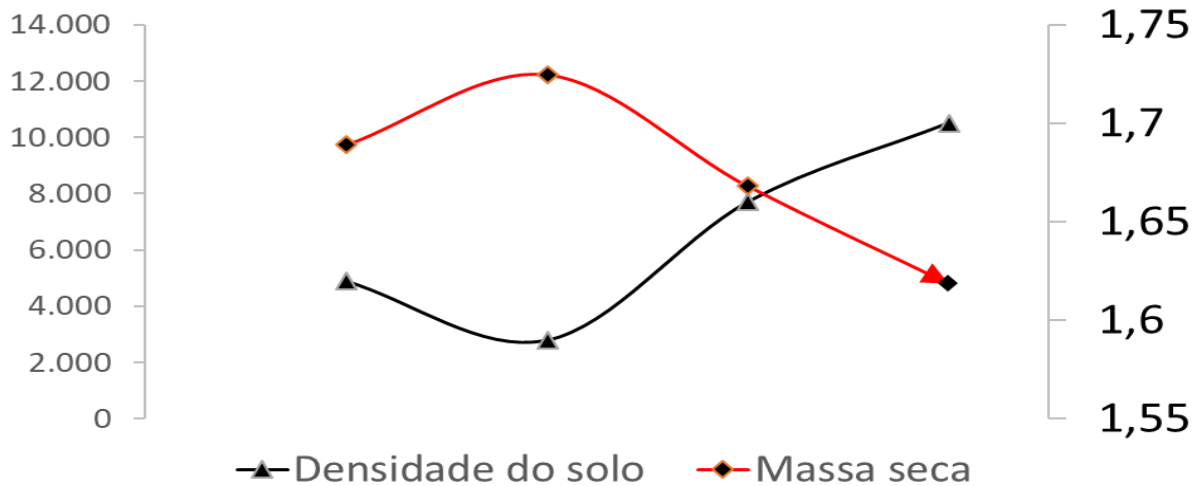


Gráfico 1. Relação entre produtividade média e densidade do solo de um Plintosolo Háplico.

No momento que não ocorre o tráfego de máquina, o solo é beneficiado por manter a sua característica estrutural, densidade do solo e macroporos, por esta razão, melhora as condições de desenvolvimento do sistema radicular das plantas, com aeração, redução de resistência a penetração e infiltração de água com maior facilidade ao longo do perfil do solo, havendo maior armazenamento e disponibilidade de água. (Silva *et al.*, 2005).

A menor produtividade de massa seca do sorgo ocorreu no tratamento onde foram realizadas duas passadas de trator, apresentando 4,8 t ha⁻¹ de massa seca, onde o solo apresentou uma macroporosidade de 4%. Esse resultado mostra um decréscimo de 61% em relação a zero passadas de trator. Esse dado corrobora com Silva & Rosolem (2001) que observaram o crescimento aéreo do sorgo, onde foram reduzidos em mais de 40% ao final do cultivo, em solo compactado. O sistema radicular talvez seja o primeiro componente da planta a responder ao efeito da compactação do solo (Reichert *et al.*, 2007), atuando como sensores do ambiente físico do solo, enviando para a parte aérea sinais que controlam o crescimento e expansão foliar (Tormena, 2009). A existência do equilíbrio funcional entre o crescimento das raízes, parte aérea e produtividade, interfere um no outro (Cavaliere *et al.*, 2009). O aumento da compactação do solo e consequente redução do

tamanho dos poros, podem impedir a passagem da raiz principal, levando a compensar esse efeito na expansão de raízes laterais com diâmetros menores que crescem e formam um sistema radicular muito denso e raso, prejudicando a absorção de água e nutrientes, diminuindo a produção da parte aérea (Camargo, 1997). Reichert *et al.*, (2007) também discutiu que embora, em algumas vezes, possa ocorrer crescimento de raiz em camadas abaixo da compactada, isso é associado à heterogeneidade do solo, com regiões de maior e menor resistência ao crescimento das raízes, e aos mecanismos que a planta apresenta para penetrar nessas camadas compactadas. Então, a energia gasta pelas plantas, em busca de uma camada de menor resistência, para criar esses mecanismos de defesa, deve refletir negativamente na planta, dificultando a expressão de seu potencial produtivo de massa seca e de grãos (Collares, 2005).

Beutler & Centurion, (2004) relataram que há uma relação geral entre o crescimento de uma planta com as condições físicas do solo, relatando que em diversas culturas anuais, uma moderada compactação do solo foi benéfica á produção de matéria seca da parte aérea, quando comparada a um solo solto e desagregado.

Assim, o sorgo se torna uma opção de planta descompactadora para a rotação de culturas em sistemas de plantio direto, isso porque além de descompactar o solo produz alta quantidade de matéria seca para cobertura vegetal (Calonego *et al.*, 2011).

As plantas descompactadoras, ao contrário do que ocorre com o uso de subsoladores, podem proporcionar um rompimento mais uniforme da camada compactada, além de contribuírem para a melhoria do estado de agregação do solo (Camargo, 1997), evitando o selamento superficial, fenômeno que contribui muito para o aumento das taxas erosivas (Castro *et al.*, 2006).

5 CONCLUSÃO

Quando ocorreu duas passadas de trator a produtividade de massa seca do sorgo forrageiro decresceu em 61% relacionando com zero passado de trator, juntamente com a densidade do solo que passou de $1,59 \text{ g cm}^{-3}$ quando não houve o tráfego de máquinas para $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ com duas passadas de trator, compactando o solo e reduzindo o número de macroporos.

6 REFERÊNCIAS

BERISSO, F. E.; SCHJONNING, P.; LAMANDÉ, M.; WEISSKOPF, P.; STETTLER, M.; KELLER, T. Effects of the stress field induced by a running tyre on the soil pore system. **Soil and Tillage Research**, v.131, n.1, p.36-46, 2013.

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

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; PESSOA DA CRUZ CENTURION, M. A.; LUARTE LEONEL, C.; GOMES SÃO JOÃO, A. D. C.; SILVA FREDDI, O. D. Intervalo hídrico ótimo no monitoramento da compactação e da qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.6, 2007.

BICKI, T. J.; SIEMENS, J. C. Crop response to wheel trap soil compaction. Transactions of the American. **Society of Agricultural and Biological Engineers**, v.34, n.3, p.909-913, 1991.

BOUMA, J.; JONGERIUS, A.; BOERSMA, O.; JAGER, A.; SCHOONDERBEEK, D. The function of different types of macropores during saturated flow through four swelling soil horizons. **Soil Science Society of America Journal**, v.41, n.5, p.945-950, 1977.

CALONEGO, J. C.; GOMES, T. C.; dos SANTOS, C. H.; TIRITAN, C. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura em solo compactado. **Bioscience Journal**, v.27, n.2, p. 289-296, 2011.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.5, p.789-796, 2005.

CAMARGO, O. A. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas.** Degaspar, 1997.

CAMPOS, B. D.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p.121-126, 1995.

CASTRO, L. G.; COGO, N. P.; VOLK, L. B. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.2, p.339-352, 2006.

CAVALIERI, K. M. V. et al. Long-term effects of no-tillage on dynamic soil physical properties in a Rhodic Ferrasol in Paraná, Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.103, n.1, p.158–164, 2009.

COLLARES, G. L. Compactação em Latossolos e Argissolo e relação com parâmetros de solo e de plantas. **Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria**, 2005.

CRUZ, J.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R.; SANTANA, D. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo**, 2001

FIGUEIREDO, C. C. D.; SANTOS, G. G.; PEREIRA, S.; NASCIMENTO, J. L. D.; ALVES JÚNIOR, J. Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p.146–151, 2009.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, v.39, n.1, p.477-484, 2009.

GUPTA, S. C.; HADAS, A.; SCHAFER, R. L. Modeling soil mechanical behavior during compaction. **Mechanics and related process in structured agricultural soils**. p.137-152, 1989.

KIRKEGAARD, J. A.; SO, H. B.; TROEDSON, R. J. Effect of compaction on the growth of pigeonpea on clay soils. III. Effect of soil type and water regime on plant response. **Soil and Tillage Research**, v.26, n.2, p.163-178, 1993.

LINDSTRON, M.J. & VOORHEES, W.B. Response of temperate crops to soil compaction. In: SOANE, B.D. & vanOUWERKERK, C. **Soil compaction in crop production**. London, Elsevier, 1994. p.265-286.

LUND, Z. F.; ELKINS, C. B. Creating soil conditions favourable to rooting. **Beltwide cotton production-mechanization conference**, v.1 p.9-12, 1978.

MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J. J.; FERREIRA, V.C.P. Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.52, n.4, p.385-390, 2000.

REICHERT, J. M., SUZUKI, L. E. A. S., REINERT, D. J., HORN, R., HÅKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree of compactness for no-till crop, production in subtropical highly weathered soils. **Soil & Tillage Research**, v.102, n.2, p.242-254, 2009.

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. n.3 p. 49–134, 2007.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M., SUZUKI, L. E. A. S. Qualidade física dos solos. **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, Palestras. Aracaju, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo v.16, 2006

ROSA, D. P.; REICHERT, J. M.; SATTLER, A.; REINERT, D. J.; MENTGES, M. I.; VIEIRA, D. A. Relação entre solo e haste sulcadora de semeadora em Latossolo escarificado em diferentes épocas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.43, n.3, p.395-400, 2008.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.3, p. 67-80, 2016.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa, 2013. 353p.

SILVA, A.P.; KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, p.877-883, 1997.

SILVA, M. A. S. D.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, Santa Maria. vol.35, n.3, p.544-552, 2005.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.2, 2001.

SOANE, B. D. The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. **Soil and Tillage Research**, v.16, n.1-2, p.179-201, 1990.

SOUSA, E. L. D., ANDRIOLI, I., BEUTLER, A. N., & CENTURION, J. F., Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 255-260, 2008.

SOLOS, Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. **Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, 1997.

TORMENA, C. A. **Atributos físicos e qualidade física do solo que afetam a produtividade da cultura do milho safrinha**. SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, v.10, 2009.

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S. L.; TRAMONTIN, A. L.; BAADE, E. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.9, p254-263, 2012.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.7, p.873-882, 1984.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C.; ALMEIDA, I. R. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

7 ANEXOS

Figura 1. Compactação de solo com o trator



Figura 2. Solo descompactado



Figura 3. Semeadura



Figura 4. Colheita do sorgo



Figura 5. Colheita do sorgo



Figura 6. Coleta das amostras de densidade do solo

