
EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA CULTURA DA LINHAÇA

Helton Aparecido Rosa 1 (Docente - Curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG) helton.rosa@hotmail.com

Salem Neto 2 (Egresso - Curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG)

Mauricio Lavratti 3 (Discente - Curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG)

Juliana de Souza Pinto 4 (Discente - Curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG)

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes níveis de compactação sobre o desenvolvimento e produção de matéria verde e seca da cultura da linhaça. O trabalho foi realizado na cidade de Cascavel – PR, localizado na região Oeste do Paraná, no Centro Universitário FAG, na Fazenda Escola – CEDETEC. Os tratamentos foram dispostos em 20 vasos com as seguintes densidades, tratamento 1 sendo a testemunha (T1 = densidade de 1 g cm⁻³, T2 = densidade de 1,1 g cm⁻³, T3 = densidade de 1,2 g cm⁻³, T4 = densidade de 1,3 g cm⁻³, T5 = densidade de 1,4 g cm⁻³), com 4 repetições por tratamento, cada vaso consiste em uma repetição. O delineamento experimental que foi utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), feita a análise de variância e análise de regressão com o auxílio do ASSISTAT. É possível concluir que o fator de aumento da densidade do solo, teve uma correlação alta com todos os parâmetros avaliados na linhaça, reduzindo com significância a altura de plantas, o diâmetro do caule e a produção de massa verde e fresca, tornando evidente o impacto negativo da compactação do solo no desenvolvimento da cultura.

Palavras-chave: Densidade do solo, altura de planta, massa fresca, massa seca.

Effect of increased soil compaction on the development and production of flaxseed in a greenhouse

Abstract: The objective of this work was to evaluate the effects of different levels of compaction on the development and production of green and dry matter of flaxseed. The work was carried out in the city of Cascavel - PR, located in the western region of Paraná, at the FAG University Center, Fazenda Escola - CEDETEC. The treatments were arranged in 20 vessels with the following densities, treatment 1 being the control (T1 = density of 1 g cm⁻³, T2 = density of 1,1 g cm⁻³, T3 = density of 1,2 g cm⁻³, T4 = density of 1,3 g cm⁻³ e T 5 = density of 1,4 g cm⁻³), with 4 replicates per treatment, each vessel consisting of one replicate. The experimental design was completely randomized (DIC), performed the analysis of variance and regression analysis with the assistance of ASSISTAT. It is possible to conclude that the soil density increase factor had a high correlation with all the parameters evaluated in the flax, significantly reducing plant height, stem diameter and green and fresh mass production, making evident the impact of soil compaction in crop development.

Key words: Bulk density, plant height, fresh mass, dry mass.

1. INTRODUÇÃO

A linhaça é um exemplo de alimento funcional, uma pequena semente com grande valor nutricional (MARQUES, 2008). Segundo Cupersmid (2012) uma das propriedades funcionais da linhaça ajuda na prevenção de doenças crônicas, em geral, doenças cardiovasculares.

O nome científico da linhaça é *Linum usitatissimum* L. da família linaceae, semente da planta d linho e uma das plantas mais antigas da história, os primeiros relatos da semente são datados de 5000 anos antes de Cristo, na mesopotâmia (MONEGO, 2009). Existem duas variedades de linhaça para o consumo humano, a linhaça marrom e a linhaça dourada. Sua cor é determinada pela quantidade de pigmentos no revestimento semente (COSKUNER e KARABABA, 2007).

A quantidade produzida mundialmente de linhaça se encontra entre 2 300 000 e 2 500 000 toneladas anuais, sendo o principal produtor o Canadá. Na América do Sul, o país que mais produz é a Argentina, com aproximadamente 80 toneladas/ano, o Brasil atingiu uma produção inferior, de cerca de 21 toneladas/ano (ALMEIDA, 2009).

Para que haja o pleno desenvolvimento de uma cultura no processo de produção agrícola é necessário que vários fatores atuem em conjunto. O preparo do solo é uma das operações agrícolas na qual se procura alterar seu estado físico, químico e biológico, de forma a proporcionar melhores condições para o máximo desenvolvimento das plantas cultivadas (GABRIEL FILHO, 2000).

Com a evolução da agricultura e a demanda crescente de alimentos existiu a necessidade de se trabalhar com máquinas maiores e mais pesadas, para possibilitar um trabalho mais rápido e mais eficiente, com isso surgiu um problema que reduz a produtividade agrícola, a compactação (SUZUKI, 2005).

O impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas está associado ao tráfego intenso de máquinas agrícolas, principalmente em condições inadequadas de umidade, reduzindo a porosidade, e aumentando a densidade do solo (BERGAMIM et al., 2010; RIBEIRO et al., 2010).

O termo compactação do solo refere-se ao processo que descreve o decréscimo de volume de solos não saturados quando uma determinada pressão externa é aplicada, a qual pode ser causada pelo tráfego de máquinas agrícolas, equipamentos de transporte ou animais e fatores ambientais. Para a Pedologia, a compactação do solo é definida como

uma alteração no arranjo de suas partículas constituintes do solo (CAMARGO e ALLEONI, 1997).

O sistema de plantio direto propõe uma estabilidade de macro poros, aumentando a infiltração e melhorando o armazenamento de água, porém no sistema de plantio com sucessão de culturas e sem revolvimento do solo, que vem sendo muito utilizado na atualidade, favorece a compactação pelo transito intenso de máquinas, acarretando em menor infiltração e disponibilidade hídrica para as culturas (SILVA, 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes níveis de compactação sobre o desenvolvimento e produção de matéria verde e seca da cultura da linhaça.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na cidade de Cascavel – PR, localizado na região Oeste do Paraná, no Centro Universitário FAG, na Fazenda Escola - CEDETEC com 34°34'88" WS de longitude e 34°34'98" N de latitude, foi conduzido em casa de vegetação. O experimento teve início no dia 25 de maio de 2017, sendo avaliado os parâmetros no dia 20 de setembro de 2017. A precipitação média anual na região é de 1.640 mm e a temperatura média é de 19°C. A classificação do solo é dada como Latossolo Vermelho Distroférrico típico, de textura argilosa a muito argilosa, relevo suave ondulado, substrato basalto (EMBRAPA, 2013). O clima da região é temperado mesotérmico e super úmido, tipo climático Cfa (koeppen) (IAPAR, 2011). Na Tabela 1 pode-se verificar o resultado da análise química do solo, para caracterização da fertilidade.

Tabela 1 - Resultado da análise química do solo.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	mCaCl ₂
	mg/dm ³		cmol _c /dm ³							%	
5,90	2,55	0,13	2,99	0,96	0,00	4,61	4,08	4,08	8,69	46,95	0,00

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), feita a análise de variância e análise de regressão com o auxílio do ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2016)

Os tratamentos foram dispostos em 20 vasos com as seguintes densidades: tratamento 1 sendo a testemunha - T1 = densidade de 1,0 g cm⁻³, tratamento 2 - T2 = densidade de 1,1 g cm⁻³, tratamento 3 - T3 = densidade de 1,2 g cm⁻³, tratamento 4 - T4 =

densidade de $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ e tratamento 5 - T5 = densidade de $1,4 \text{ g cm}^{-3}$, com 4 repetições por tratamento, cada vaso consiste em uma repetição.

Foram utilizadas diferentes densidades do solo em vasos com a implantação da cultura da linhaça para analisar os seguintes parâmetros: altura de planta, diâmetro de caule, massa fresca da planta, massa seca de planta. As densidades foram determinadas da seguinte forma, adicionado 10 kg de solo nos quatro vasos do tratamento 1 sem nenhuma compactação, o solo ficou na altura de 13 cm dentro do vaso, nos tratamentos 2, 3, 4, 5 foram adicionados nos quatro vasos de cada tratamento, respectivamente, 11 kg, 12 kg, 13kg, 14kg de solo, fazendo a compactação em todos até atingirem os 13 cm de altura dentro do vaso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificando os resultados da Tabela 2, a qual apresenta os valores da estatística de p-valor para todos os parâmetros, quando feita a regressão linear, é possível observar que todos os parâmetros foram significativos ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Valores da estatística de p – valor e coeficiente de variação para altura de planta, diâmetro de caule, massa fresca de planta, massa seca de planta.

Estatística F	Altura de planta (cm)	Diâmetro de caule (mm)	Massa Fresca de planta (g)	Massa Seca de planta (g)
R. Linear (p - valor)	0,0015*	0,0107*	0,0006*	0,0014*
CV %	23,55	16,82	34,01	29,60

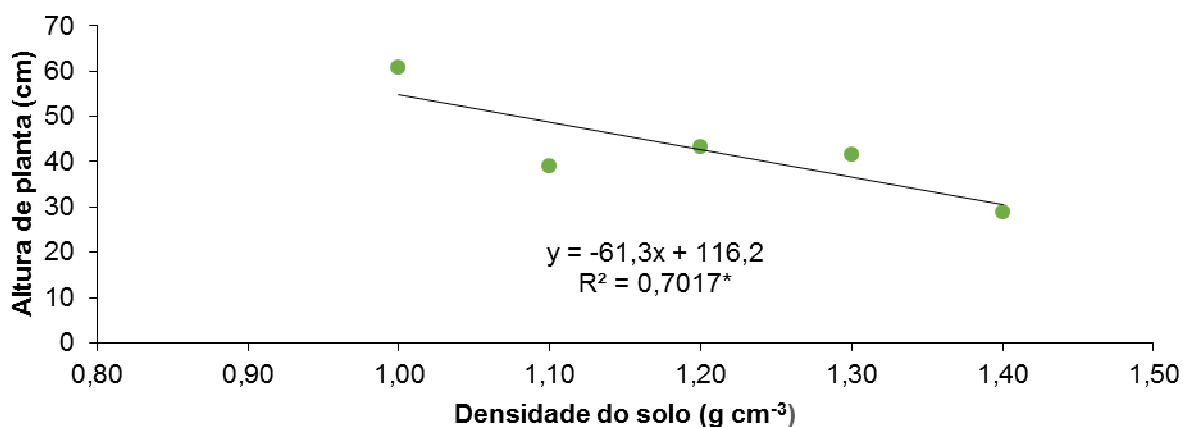
*significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Observando os dados da Figura 1 é possível verificar que houve uma redução na altura de planta conforme aumentou a densidade, sendo o menor valor para o T5. Francianiet al. (2014) trabalhando com a cultura da soja em diferentes compactações observaram um comportamento semelhante ao da linhaça neste experimento. Conforme houve aumento gradativo da compactação foi observado redução gradativa do crescimento radicular e da parte aérea.

Labegalini et al. (2016) trabalhando também com diferentes níveis de compactação em vasos com a cultura do milho, verificaram que a altura de plantas reduziu de forma linear conforme aumentou as densidades do solo, tornando evidente a sensibilidade da cultura ao solo denso.

Segundo o material didático, série estatística básica de correlação e regressão do professor Viali (2017), o coeficiente de determinação R^2 mostra a porcentagem da variação que foi explicada pela regressão, o coeficiente vai de $0 \leq R^2 \leq 1$. Quando o R^2 é igual a 1, quer dizer que todos os pontos estão sobre a reta de regressão, sendo um ajuste perfeito, afirmando que as variações de Y são 100% relacionadas pelas variações de X. Quanto mais perto de 0 o valor de R^2 , significa que os valores do eixo Y não tem relação com os valores do eixo X.

O coeficiente R^2 da Figura 1, mostra um valor de 0,7017, segundo a classificação de Pearson, valores acima de 0,7 apresentam uma correlação muito alta dos dados (CUNHA, 2013).

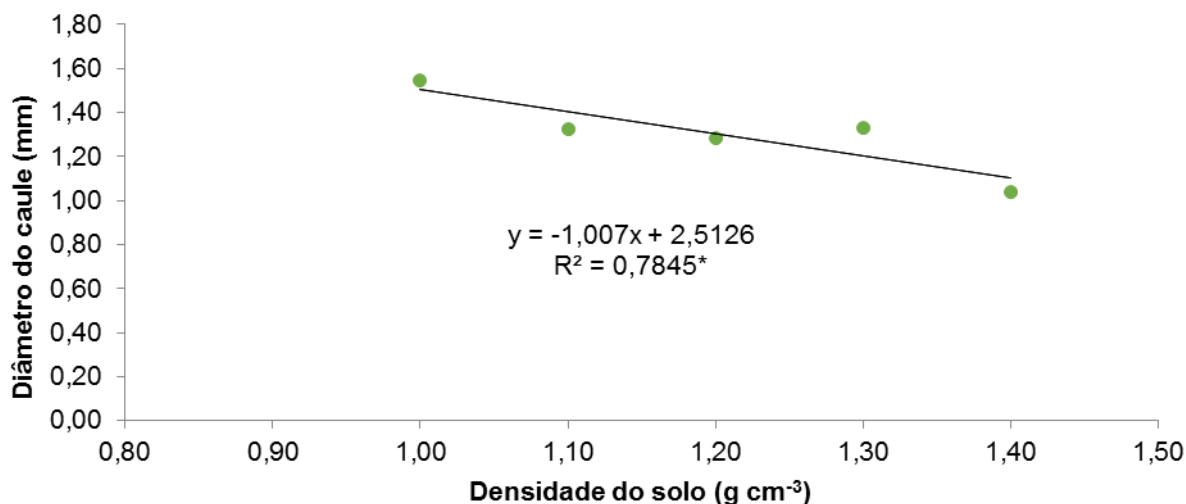


*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Figura 1 - Representa o comportamento da altura das plantas (cm) da linhaça em relação à quatro densidades do solo.

Observando os dados da Figura 2 é possível observar que houve um decréscimo entre os diâmetros em todos os tratamentos, estando em 1,54 mm na densidade de 1,00 g cm³ e reduzindo para 1,40 mm na densidade de 1,40 g cm³, sendo semelhante ao trabalho de Dias (2014), no qual trabalhando com Crambe e testando diferentes densidades do solo em vaso, observou que o diâmetro também teve um leve decréscimo entre os tratamentos com o aumento da densidade. Farias *et al.* (2013), trabalhando com o Feijão Guandu, com diferentes densidades do solo, verificaram que o diâmetro do caule também diminuiu conforme aumenta a densidade. O coeficiente R^2 da Figura 2, mostra um valor de 0,7845, segundo a classificação de Pearson, tendo uma correlação muito alta dos dados (CUNHA, 2013).

Figura 2 - Apresenta a variação do diâmetro do caule (mm) da linhaça em relação à quatro densidades do solo.

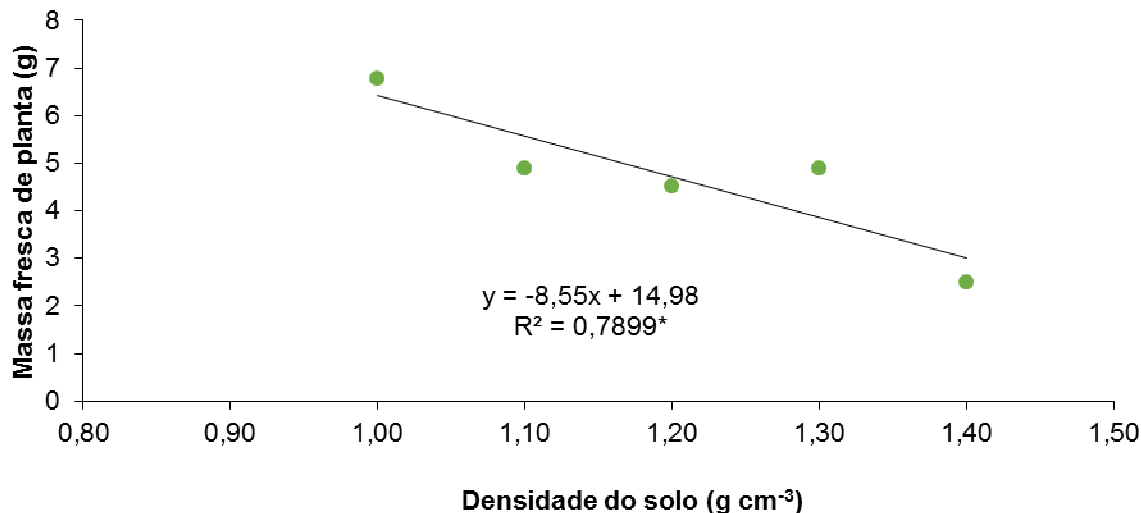


*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Segundo a Figura 3 é possível observar que com o aumento da densidade a linhaça produziu uma matéria fresca menor, reduzindo de 6,77 g no T1 para 1,40 g no T5, corroborando com os dados de Amorim *et al.* (2012), que ao observarem o rendimento de matéria seca total do feijão em diferentes graus de compactação de solo, obteve uma redução do rendimento da cultura (peso da parte aérea e radicular e tamanho da parte aérea e radicular) conforme aumentava-se a densidade do solo.

Os dados deste trabalho se assemelham aos dados obtidos por Labegalini *et al.* (2016), que utilizando a cultura do milho em diferentes densidades em vaso, perceberam que a planta diminuiu bastante a produção de matéria fresca com o aumento da densidade do solo. O coeficiente R^2 da Figura 3, mostra um valor de 0,7899, demonstrando uma correlação muito alta dos dados, segundo a classificação de Pearson (CUNHA, 2013).

Figura 3 -Variação da massa fresca de plantas da linhaça (g) em relação à quatro densidades do solo.

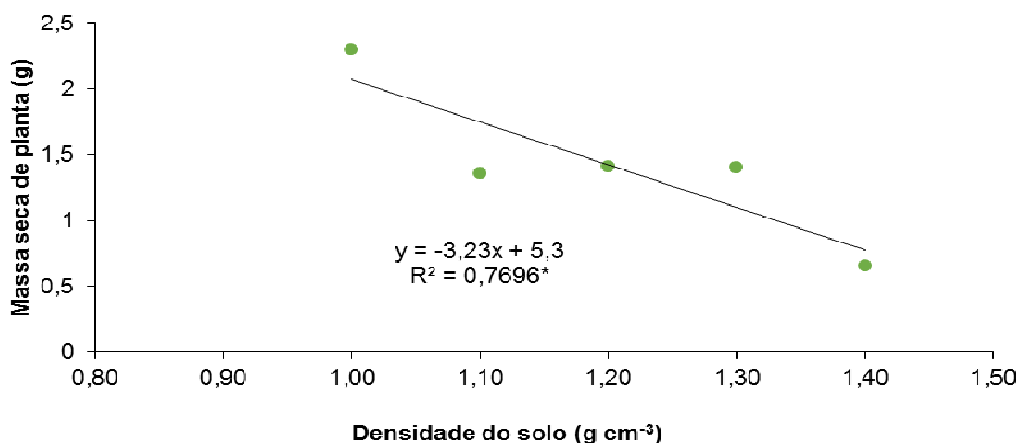


*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Analisando os dados da Figura 4 foi possível observar que no aumento da densidade a cultura da linhaça reduziu a massa seca, de 2,30 g no T1, para 0,65 g no T5, converge com os dados de Amorim *et al.* (2012), que também verificaram uma menor massa seca para a cultura do feijão nas maiores densidades do solo.

Alvarenga *et al.* (1997) trabalhando com diferentes densidades em vaso, porém com algumas plantas leguminosas, verificaram que todas as plantas produziram menores valores de massa seca onde os valores de densidade do solo foram maiores.

Figura 4 -Variação da massa seca de plantas da linhaça (g) em relação a quatro densidades do solo.



*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

O coeficiente R^2 da Figura 4, mostra um valor de 0,7696, sendo uma correlação muito alta dos dados, segundo a classificação de Pearson (CUNHA, 2013).

Em todas as figuras é possível verificar a redução nos parâmetros de desenvolvimento da cultura da linhaça, causada pela compactação do solo e simulada pelo aumento da densidade do solo.

4. CONCLUSÃO

É possível concluir que o fator de aumento da densidade do solo, teve uma correlação alta com todos os parâmetros avaliados na linhaça, reduzindo com significância a altura de plantas, o diâmetro do caule e a produção de massa fresca e seca, tornando evidente o impacto negativo da compactação do solo no desenvolvimento da cultura.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, K. C. L. de; BOAVENTURA, G. T.; GUZMAN-SILVA, M. A.; A linhaça (*Linum usitatissimum*) como fonte de ácido α -linolênico na formação da bainha de mielina. **Revista de Nutrição**, v. 22, n. 5, p. 747-754, 2009.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. DA; MOURA FILHO, W. e REGAZZI, A. J. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes por leguminosas, em resposta à compactação do solo. **Revista Ceres**, vol. XLIV, n° 254, 1997.
- AMORIN, P. A.; ALVES, A. O.; FERREIRA, B. R.; SILVA, R. R.; MARTINS, S. Desenvolvimento da cultura do feijão decorrente de diferentes níveis de compactação do solo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15, 2012.
- 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 Ciência do Solo**, v.34, p.681-691, 2010.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI. Compactação do solo e desenvolvimento de plantas. **Fundação Cargill**, Campinas, SP (Brazil). 1997.
- COSKUNER, Y.; KARABABA, E. Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **Journal of Food Engineering**, v.78, n.3, p.1067-1073, 2007.
- CUNHA, P. C. R. DA; NASCIMENTO, J. L. DO; SILVEIRA, P. M. DA; JÚNIOR, J. A. Eficiência de métodos para o cálculo de coeficientes do tanque classe A na estimativa da evapotranspiração de referência. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 114-122, 2013.
- CUPERSMID, L., FRAGA, A. P. R., ABREU, E. S. DE, PEREIRA, I. R. O. Linhaça: Composição Química e Efeitos Biológicos. **E-Scientia**, v. 5, n.2, p. 33-40, 2012.

DIAS, P. P. **Variáveis fenométricas e rendimento de grãos do crambe associado a níveis de compactação de um latossolo argiloso.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2014.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013.

FARIAS, L. DO N.; BONFIM-SILVA, E. M.; WILLIAM PIETRO-SOUZA, W.; VILARINHO, M. K. C.; DA SILVA, T. J. A. e GUIMARÃES, S. L. Características morfológicas e produtivas de feijão guandu anão cultivado em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.497–503, 2013.

FRANCIANI, R. R.; ALBUQUERQUE, A; J.; COSTA, A.; Crescimento inicial da cultura da soja em latossolo bruno com diferentes graus de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38:1731-1739, 2014.

GABRIEL FILHO, A. et al. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 953-957, 2000.

IAPAR-Instituto Agrônômico do Paraná. Médias históricas em estações do IAPAR. (2011).Disponível em:<http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Cascav-el.html>. Acesso em: 04mar. 2019.

LABEGALINI, N. S.; BUCHELT, A. C.; ANDRADE, L.; OLIVEIRA, S. C. DE; CAMPOS, L. M. Desenvolvimento da cultura do milho sob efeitos de diferentes profundidades de compactação do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 4, p. 7-11, 2016.

MARQUES, A. C. **Propriedades funcionais da linhaça (Linum usitatissimum L.) em diferentes condições de preparo e de uso em alimentos.** Dissertação- (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Ciências Rurais Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

MONEGO, M. A. **Goma da linhaça (Linum usitatissimum L.) para uso como hidrocolóide na indústria alimentícia.** 2009. Dissertação – (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Rurais Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

RIBEIRO, M. A. V.; NOVAIS, R. N.; FAQUIN, V.; FERREIRA, M. M.; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, J. M. DE; VILLANI, E. M. A. Resposta da soja e do eucalipto ao aumento da densidade do solo e adoses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1157-1164, 2010.

SILVA, P. A.; IMHOFF, S.; CORSI M. **Avaliação da compactação do solo em sistema de pastejo irrigado de curta duração.** 2003.

SILVA, S. A. F.; AZEVEDO, V. A. C.; **O Software Assisat Versão 7.7 e seu uso na análise de dados experimentais.** 11(39), pp. 3733-3740, 29 September, 2016.

SUZUKI, L. E. A. S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas.** 2005. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Processos Físicos e Morfogenéticos do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

VIALI, L. **Material didático SÉRIE: Estatística Básica Texto v: Correlação e regressão.** 2017. Disponível em: <http://www.mat.pucrs.br/~lori/>. Acesso em Março de 2019.