

Desenvolvimento inicial da cultura do eucalipto submetido a diferentes níveis de compactação do solo com regime de stress hídrico

Hamom Ventura Rodrigues¹
Reginaldo Ferreira Santos¹
Cristiano Fernando Lewandoski¹
Bruna de Villa
Luciene Kazue Tokura¹
Jair Antonio Cruz Siqueira¹

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de clone de *Eucalypto urograndis* com 135 dias de semeadura, em solo compactado mecanicamente. O estudo foi realizado em um Latossolo Vermelho Distroférico, com cinco densidades do solo de 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4 kg dm⁻³ e o efeito do stress hídrico sobre eles. Para o desenvolvimento das mudas de eucalipto, foram utilizados vasos os quais foram alocados na casa de vegetação. Cada vaso apresentava uma muda de eucalipto, totalizando 20 mudas de Eucalipto branco *urograndis*. O delineamento experimental foi constituído por 4 repetições em cada nível de compactação. As características das plantas avaliadas foram: comprimento aéreo, comprimento da raiz; número de folhas, folículos e hastes; diâmetro da raiz pivotante e caule; massa fresca e seca da parte aérea e da raiz, além da relação da massa seca de raiz com a massa seca da parte aérea. Pode-se constatar que as densidades de 1,10 e 1,15 g cm³ são benéficos para o diâmetro radicular e caule das plantas de eucalipto. Quanto ao crescimento radicular, as plantas de eucalipto sofrem inibição à medida que ocorre o aumento dos níveis de compactação.

Palavras-chave: Sistema radicular, *Eucalyptus* sp, densidade do solo.

Abstract

This work aimed to evaluate the initial development of *Eucalyptus urograndis* clone seedlings with 135 days of sowing, in mechanically compacted soil. The study was carried out in a Red Latosol Distroférico, with five soil densities of 1.0; 1.1; 1.2; 1.3; 1.4 kg dm⁻³ and the effect of water stress on them. For the

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, PPGEA, Cascavel, Paraná. E-mail: lucienetokura@gmail.com

development of eucalyptus seedlings, pots were used which were allocated in the greenhouse. Each pot had an eucalyptus seedling, totaling 20 urograndis white Eucalyptus seedlings. The experimental design consisted of 4 repetitions at each level of compaction. The characteristics of the evaluated plants were air length, root length; number of leaves, follicles, and stems; diameter of the pivoting root and stem; fresh and dry mass of the aerial part and the root, in addition to the relationship of the dry mass of the root with the dry mass of the aerial part. It can be seen that the densities of 1.10 and 1.15 g cm³ are beneficial for the root diameter and stem of eucalyptus plants. As for root growth, eucalyptus plants are inhibited as compaction levels increase.

Keywords: Root system, *Eucalyptus* sp, soil density

Introdução

O uso e manejo do solo são de natureza fundamental para a boa produtividade e desenvolvimento de culturas florestais, portanto fatores como a densidade do solo causam reflexo na produtividade de eucalipto (PREVEDELLO et al., 2013; SUZUKI et al., 2014).

O gênero *Eucalyptus* sp. é uma espécie florestal que pertence à família das Myrtaceae, tendo sua origem na Austrália, Tasmânia e outras ilhas da Oceania. Existe identificadas cerca de 730 espécies reconhecidas botanicamente segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018), porém não mais que 20 dessas espécies são utilizadas para fins comerciais em todo o mundo (ROSA; JÚNIOR; GOULART, 2013). A importância foi tão expressiva que apenas em 2017 a soma total do plantio de eucalipto no Brasil correspondeu a 75,2% da área total de plantios florestais (IBGE, 2018).

A região Sul brasileira tem se destacado no cenário nacional pelas suas áreas reflorestadas com *Eucalyptus* sp. para a produção de celulose e subprodutos (DIAS, 2016). O estado do Paraná apresentou valores de R\$ 3,7 bilhões do valor de produção total, representando o maior entre todos os Estados da União (IBGE, 2018).

A espécie *Eucalyptus urograndis* faz parte de uma extensa lista de espécies clonadas de Eucalipto híbrida entre o *E. grandis* e o *E. urophylla.*, sendo que uma boa produtividade florestal depende da adaptabilidade da espécie ao clima

assim como do tipo de solo (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2013) bem como seus níveis de compactação (PINCELLI et al., 2014).

Segundo Martins (2019) e Reichert et al. (2010), o efeito prejudicial da compactação consiste em mudanças indesejáveis em importantes propriedades físicas do solo, relacionadas com o seu espaço poroso, estrutura, permeabilidade ao ar e à água, com conseqüente reflexo no crescimento do sistema radicular e produtividade da cultura.

Ainda segundo Paludzyszyn Filho e Santos (2013), solos impermeabilizados dificultam o bom desenvolvimento radicular podendo elevar grandemente o índice de mortalidade, principalmente a partir do 5º ano. Já Christina et al. (2011) exemplifica que as raízes em solos sem impedimentos físicos, o comprimento das raízes pode alcançar 85% da altura do Eucalipto, demonstrando, portanto, o impacto e a influência do solo na evolução da espécie.

A compactação é definida como a ação mecânica que impõe ao solo a redução de seu índice de porosidade, e outras alterações físicas e químicas (RODRIGUES; LOPES, 2018). Portanto, a diminuição do espaço entre as partículas tem como reflexo a redução do volume por elas ocupado, dificultando a infiltração do movimento interno de água e ocasionando uma maior resistência mecânica ao crescimento radicular (REICHERT et al., 2010).

Santos (2018) ainda destaca a importância dos fatores morfométricos do Eucalipto para geração de calor e celulose e, portanto, o amparo sólido do conhecimento baseado nas estruturas do solo pode garantir a qualidade, eficiência e o desenvolvimento pleno da cultura em diversas situações de estresse inclusive em diversos níveis de compactação do solo, advindo por vezes do tipo natural do solo quanto de um manejo por vezes inadequado para tal.

Desta forma, estudos voltados para o crescimento radicular em diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho Distroférico é de suma importância tendo em vista a produtividade, diversidade de espécies de eucalipto e sua rentabilidade econômica e social para o estado do Paraná e da balança comercial brasileira.

Materiais e Métodos

Os clones de *Eucalyptus x urograndis* foram as espécies alvo para a concatenação do experimento, o qual foi desenvolvido em casa de vegetação pertencente a Universidade do Estado do Oeste do Paraná – UNIOESTE, campus de Cascavel.

Foram utilizadas 20 mudas, com 135 dias, apresentando 22 cm de caule e 11 cm de raízes. As mudas foram obtidas em viveiro de mudas em Cascavel (PR). O solo utilizado no experimento foi um Latossolo Vermelho Distoférico, proveniente de uma área agrícola, coletado a uma profundidade de 0-20 cm, próximo à área experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) em Santa Tereza do Oeste (W 25°05'18.2"S 53°35'01.2").

Foram preparados recipientes de PVC com diâmetro de 20 cm, os quais foram particionados em três alturas diferentes: 5, 10 e 20 cm. Todos os recipientes de PVC foram preenchidos com solo devidamente destorroado. Anteriormente, a essa operação foi realizada análise de solo, e de acordo com os resultados, foram aplicadas as quantidades de nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas de eucalipto. As características químicas das amostras de solo podem ser observadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Características químicas dos macronutrientes do solo na camada de 0-20 cm, antes do cultivo da espécie de eucalipto.

P	C	PH	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Ca+Mg	K	V
mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----cmolc dm ⁻³ -----			---%---		
3,0	26,1	5,5	0	5,35	5,1	9,5	0,43	64,9

Tabela 2. Características químicas dos micronutrientes do solo na camada de 0-20 cm, antes do cultivo da espécie de eucalipto.

Cu	Fe	Mn	S	Zn	B	Argila	Silte	Areia
-----mg dm ⁻³ -----						-----g kg ⁻¹ -----		
2,8	30,1	44,9	11,0	0,7	0,10	675	285	40

Nos recipientes de 5 cm, foram realizadas compactações, de acordo com os cálculos da massa total do solo que foi compactada para preencher o volume de 5 cm do recipiente. Os cálculos da densidade foram obtidos pela equação 1.

$$d = m/v \quad (1)$$

Assim, na Tabela 3 foi possível verificar a variação da massa com volume fixo por densidade.

Tabela 3. Densidade do solo de acordo com o recipiente volumétrico da camada compactada das unidades experimentais.

Densidade (g cm ⁻³)	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Volume (kg)	1, 570	1, 730	2,004	2,200	2,360
Área (cm)	942,48	942,48	942,48	942,48	942,48

Com uso de uma prensa hidráulica manual modelo EMIC, os recipientes de 20 cm serviram para sustentar o recipiente de 5 cm com diferentes graus de compressibilidade, enquanto o recipiente de 10 cm foi colocado acima apenas para oferecer como meio de desenvolvimento inicial da muda replantada.

A unidade experimental composta pelo conjunto dos recipientes de 20, 5 e 10 cm sobrepostos, foram, portanto, alocadas ao solo uma muda de eucalipto por unidade experimental. Os tratamentos foram compostos pelos cinco níveis de densidade (1,0; 1,1; 1,2; 1,3 e 1,4 g cm⁻³) do solo estabelecidas.

O experimento foi submetido a uma análise de regressão para verificar a influência da compactação ao crescimento radicular partir da aferição das 4 repetições pelas cinco densidades estudada.

Resultados e Discussão

Nas Figuras 1 a 11, são apresentadas os gráfico de regressão dos valores médios do comprimento aéreo de plantas (Figura 1), número de folhas (Figura 2), número de folículos (Figura 3), número de hastes (Figura 4), massa fresca do

comprimento radicular (Figura 5), massa fresca do comprimento aéreo (Figura 6), massa seca do comprimento radicular (Figura 7), massa seca do comprimento aéreo (Figura 8), diâmetro da raiz pivotante (Figura 9), diâmetro do caule (Figura 10), comprimento radicular (Figura 11), para as densidades de: 1,0; 1,1; 1,2; 1,3 e 1,4 g cm^{-3} .

Figura 1. Valores médios de altura de planta para diferentes níveis de compactação.

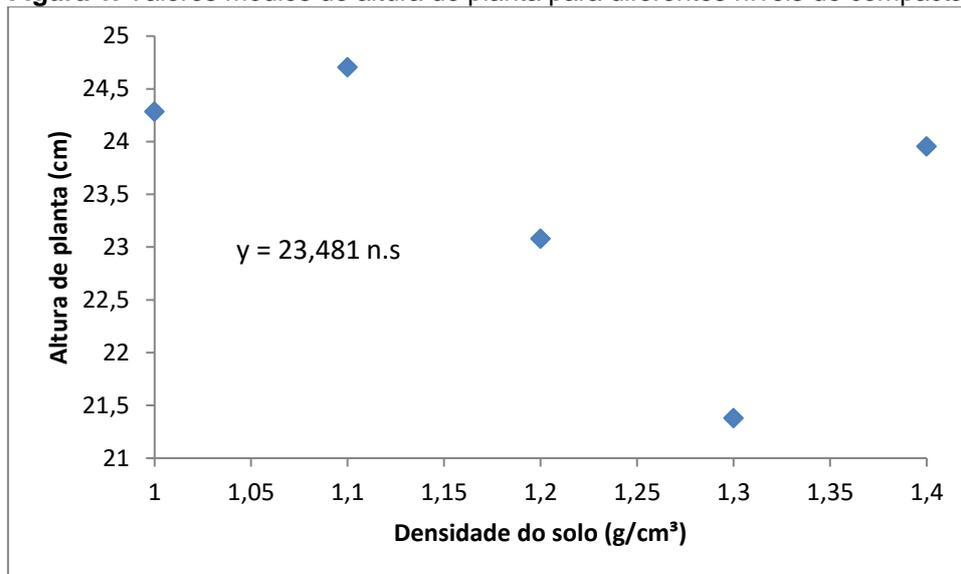


Figura 2. Valores médios do número de folhas para diferentes níveis de compactação.

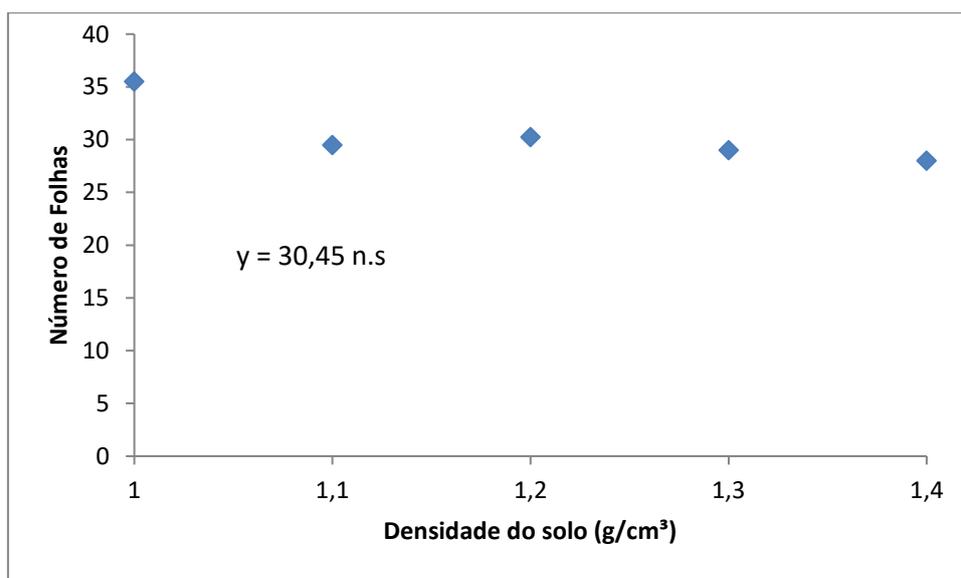


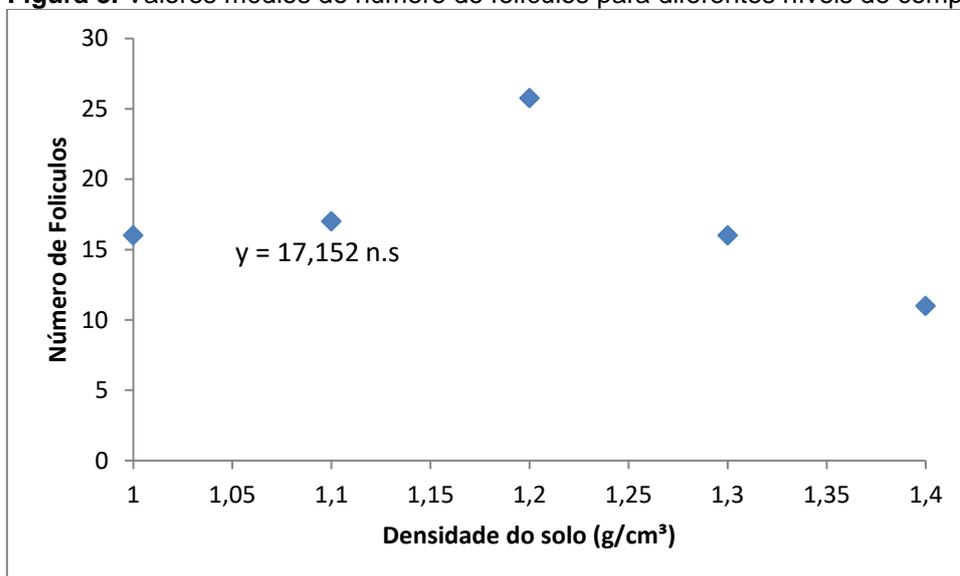
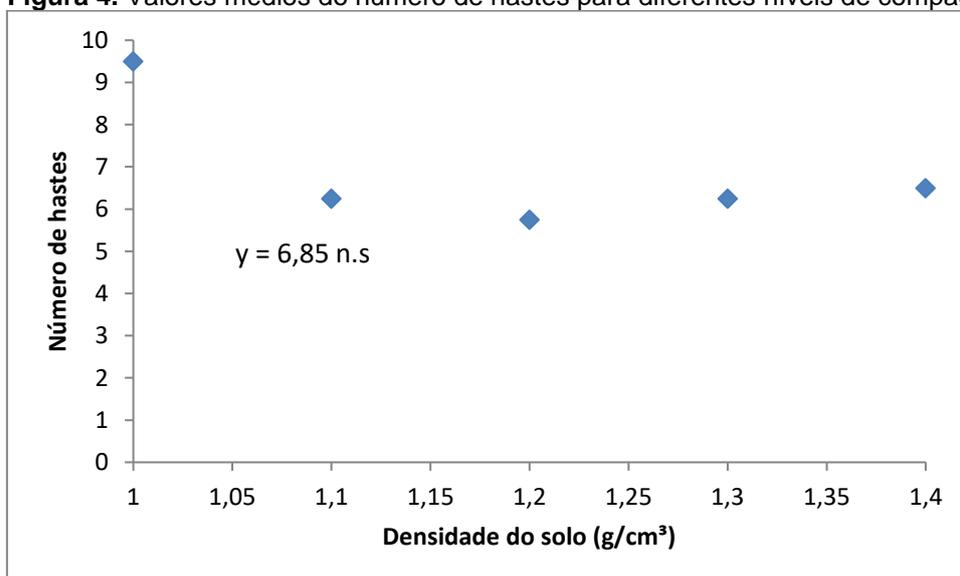
Figura 3. Valores médios do número de folículos para diferentes níveis de compactação.**Figura 4.** Valores médios do número de hastes para diferentes níveis de compactação.

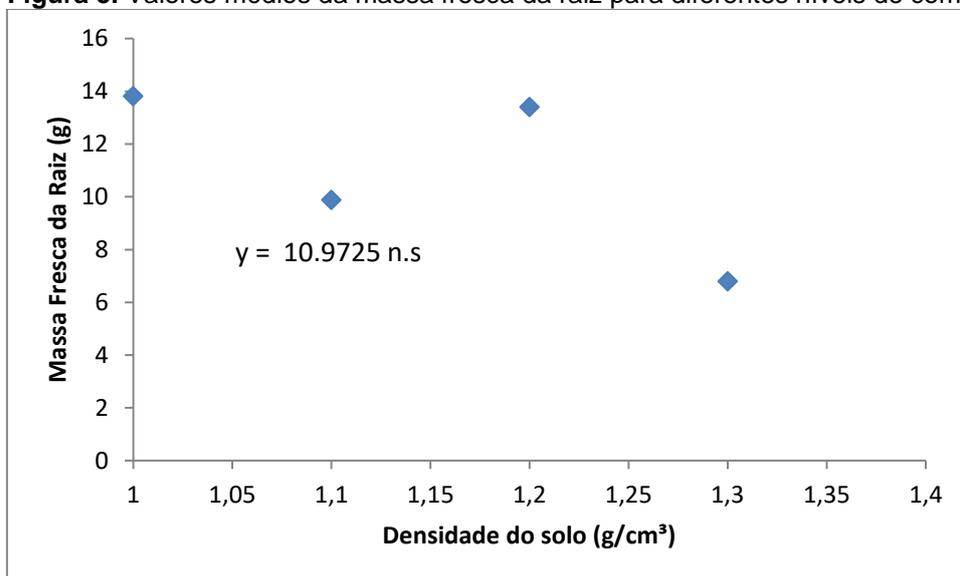
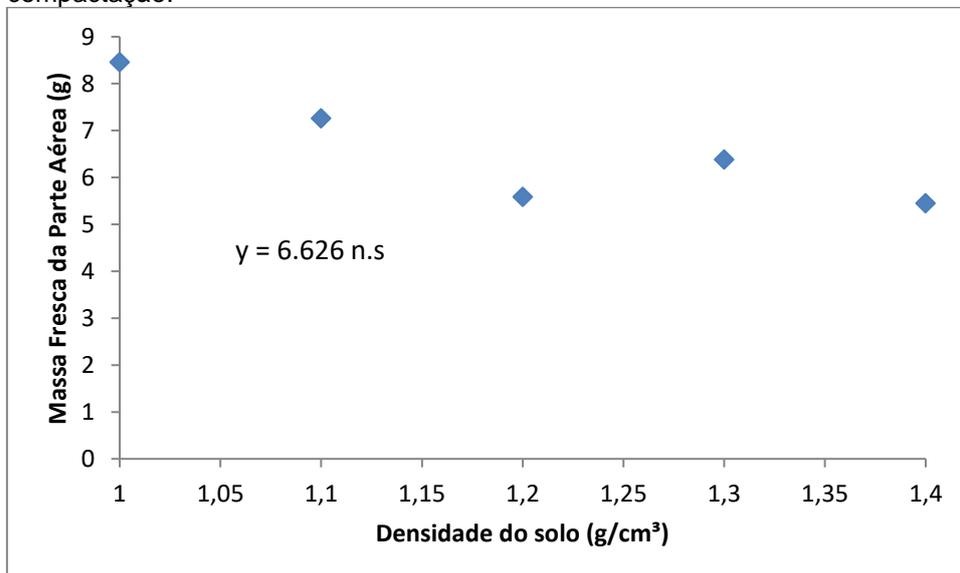
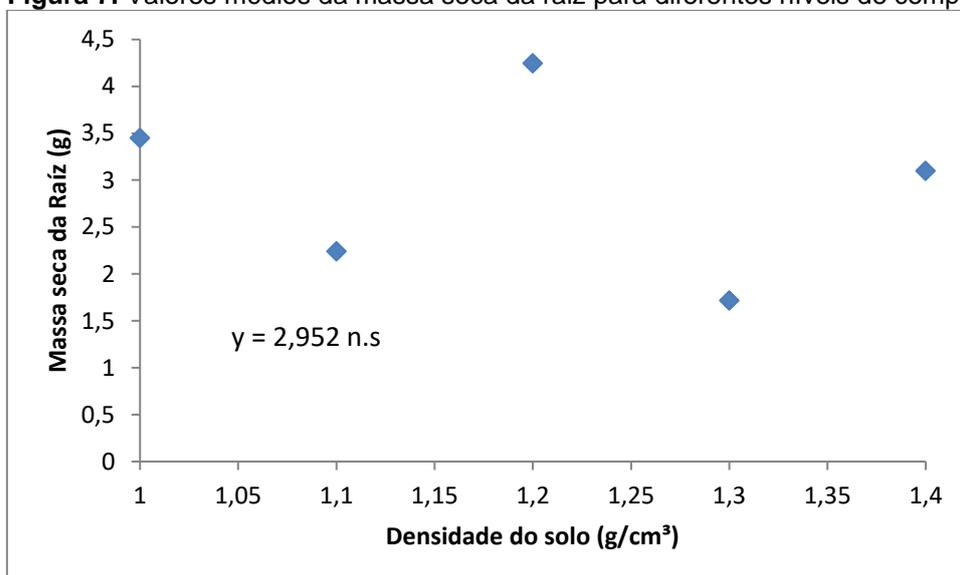
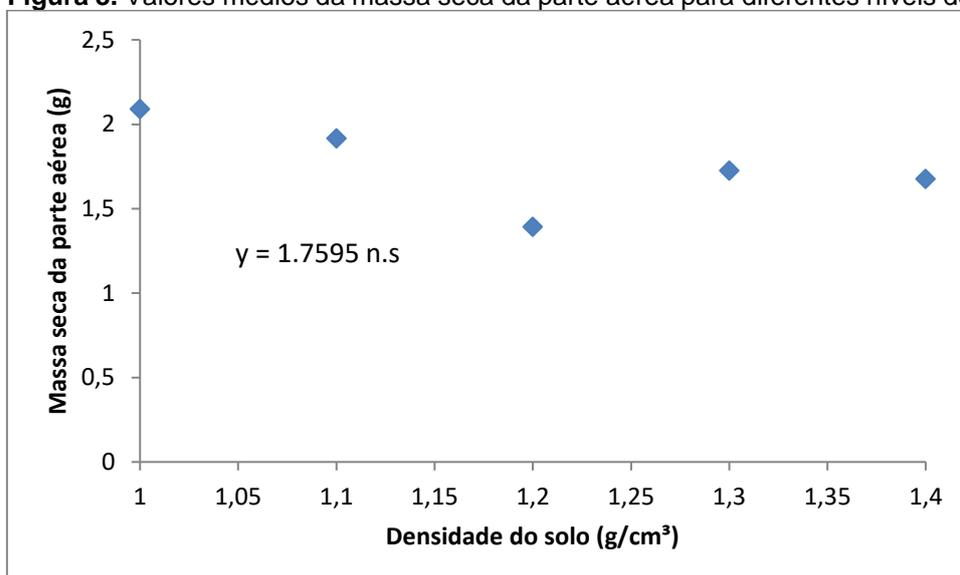
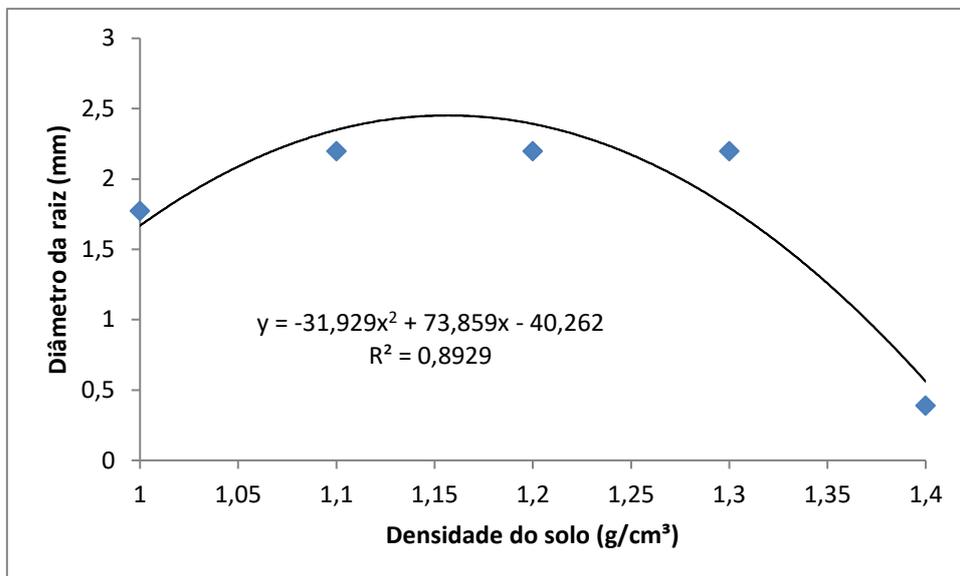
Figura 5. Valores médios da massa fresca da raiz para diferentes níveis de compactação.**Figura 6.** Valores médios da massa fresca da parte aérea para diferentes níveis de compactação.

Figura 7. Valores médios da massa seca da raiz para diferentes níveis de compactação.**Figura 8.** Valores médios da massa seca da parte aérea para diferentes níveis de compactação.

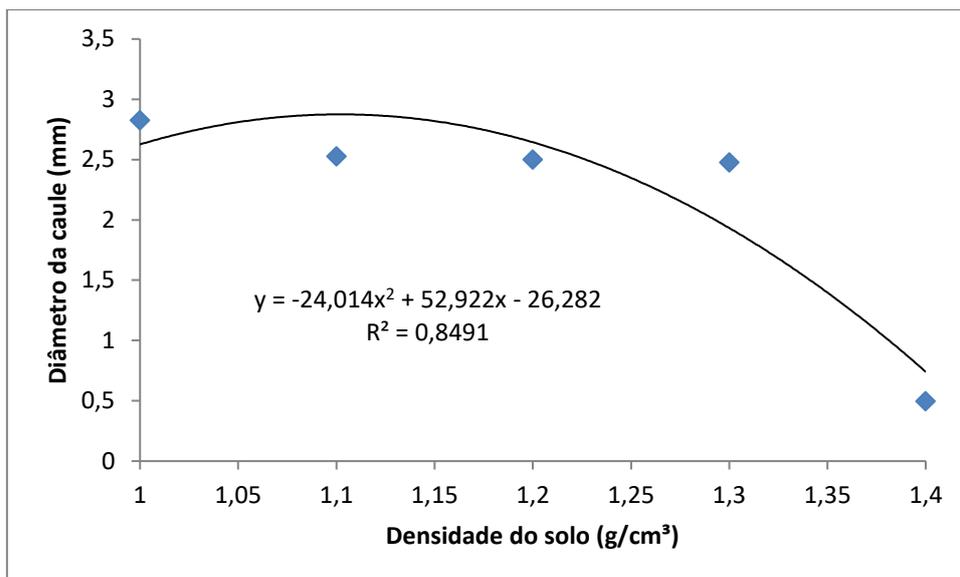
Pode-se observar que nas Figuras 1 a 8 que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Já na Figura 9, uma leve intensidade de compactação (densidade de 1,15 g cm³) foi benéfica para o desenvolvimento do diâmetro da raiz (2,45 mm), no qual a partir deste nível de compactação, este reduziu o diâmetro radicular.

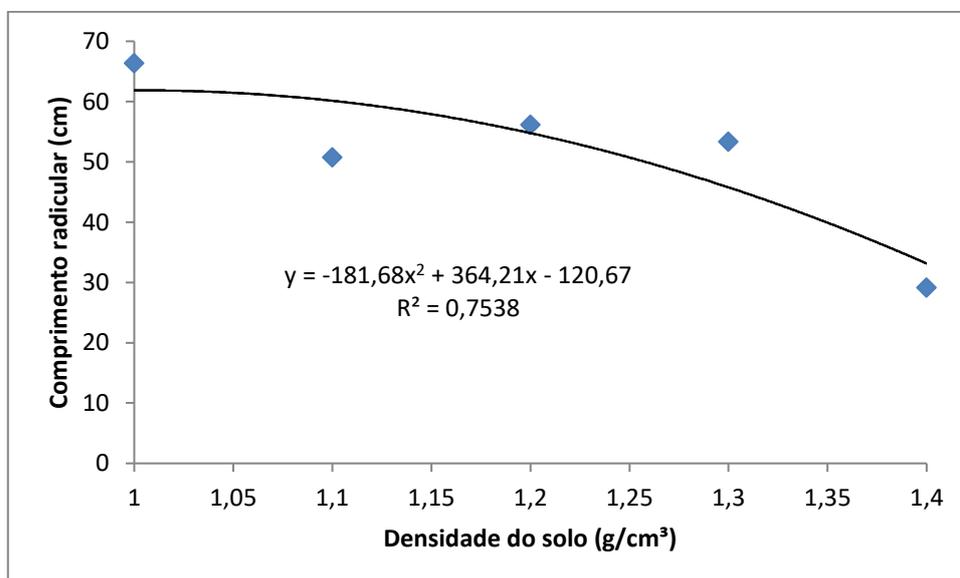
Figura 9. Valores médios do diâmetro da raiz para diferentes níveis de compactação.



Pode-se observar na Figura 10 que a densidade de 1,10 g cm³ beneficiou o desenvolvimento do diâmetro da raiz (2,87 mm), entretanto, a partir deste nível de compactação o mesmo reduziu o diâmetro do caule.

Figura 10. Valores médios do diâmetro do caule para diferentes níveis de compactação.

Pode-se observar na Figura 11 que, conforme houve o aumento da compactação, ocorreu redução do comprimento radicular.

Figura 11. Valores médios do comprimento radicular para diferentes níveis de compactação.

De acordo com Silva, Barros e Vilas Boas (2006), a redução do comprimento radicular em solos compactados está relacionada com vários fatores, como pressões externas e uso e manejo do solo.

Sendo que, a partir da análise estatística do presente estudo, não houve resposta significativa quanto aos diferentes níveis de compactação.

Já, para as análises da produção de massa seca de raiz e comprimento aéreo, os resultados corroboram com os trabalhos de Silva et al. (2006). E diferiram dos valores encontrados por Guimarães et al. (2013), em que os níveis de compactação alteraram significativamente a altura do milho e da massa fresca e seca da parte aérea.

Além disso, diferiu-se dos resultados apresentados por Farias et al. (2013), que, ao avaliar a influência da compactação do solo nas características morfológicas de feijão ghaundu anão (*Cajanus cajan* L. Mill sp.), constataram que houve redução significativa na altura das plantas com o aumento dos níveis de compactação.

E dos resultados de Lima et al. (2015) que também observaram a influência da densidade do solo na altura das plantas de *Pennisetum glaucum*, *Urochloa brizantha*, *Crotalaria ochroleuca* e *Eleusine coracana* cv. ANPG 207.

Conclusão

Pode-se constatar que as densidades de 1,10 e 1,15 g cm³ são benéficas para o diâmetro radicular e caule das plantas de eucalipto.

Quanto ao crescimento radicular, as plantas de eucalipto sofrem inibição à medida que ocorre o aumento dos níveis de compactação.

Referências

CHRISTINA, M.; LACLAU, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; JOURDAN, C.; NOUVELLON, Y.; BOUILLET, J. P. Almost symmetrical vertical growth rates above and below ground in one of the world's most productive forests. *Ecosphere*, v. 2, n. 3, 2011.

DIAS, L. P. R. **Fósforo e Boro na adubação de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* em solos do planalto sul catarinense.** Tese apresentada a Universidade Estadual de Santa Catarina, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.
Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2018.

FARIAS, L. D. N.; BONFIM-SILVA, E. M.; PIETRO-SOUZA, W.; VILARINHO, M. K.; SILVA, T. J.; GUIMARÃES, S. L. Características morfológicas e produtivas de feijão guandu anão cultivado em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi**, v. 17, n. 5, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000500005>

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D.; ANDRADE, G. C.; BELLOTE, A. F. J.; MORO, L. Deposição de material orgânico e nutrientes em plantios de *Eucalyptus grandis* em diferentes regimes de adubação. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 43, p. 75-86. 2001.

GUIMARÃES, C.V.; ASSIS, R.L.; SIMON, G.A.; PIRES, F.R.; FERREIRA, R.L.; SANTOS, D.C. Desempenho de cultivares e híbridos de milho em solo submetido a compactação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 11, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001100009>

HEICHEL, G. H.; MARTIN, N. P. Energy inputs and outputs for crop systems – field crops: alfafa. In: PIMENTEL, D. (ED.) **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC press, 1980. p.155-161.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (Pevs)** 2017. Rio de Janeiro, 2018.

JUNQUEIRA, A. A. B.; CRISCUOLO, P. D.; PINO, F. A. O uso da energia na agricultura Paulista. **Agricultura em São Paulo**, v. 29, tomos I e II, p. 55-100, 1982.

LIMA, L. B. D.; PETTER, F. A.; LEANDRO, W. M. Desempenho de plantas de cobertura sob níveis de compactação em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n11p1064-1071>

MARTINS, T. G. V.; ROCHA, M. F. V.; NIERI, E. M.; MELO, L.A.; SILVA, M. L. S.; SILVA, D.S.N. Nutrient accumulation in Eucalyptus bark at different population densities. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 23, n. 1, p. 40-46, 2018.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ABREU, C. H. Fitodisponibilidade e teores de metais pesados em um latossolo amarelo

distrófico e em plantas de cana-de-açúcar adubadas com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 26, p. 737-746, 2002.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. **Escolha de cultivares de eucaliptos em função do ambiente e do uso**. Comunicado técnico 316, Colombo – PR: EMBRAPA. Outubro ,2013.

PIMENTEL, D. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton. 475p. 1980.

PINCELLI, A. L. P. S.; NUNES, R.; SEIXAS, F. Compactação e fertilidade do solo após colheita do eucalipto utilizando Feller Buncher e Skidder. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 191-198, abr./jun. 2014

PREVEDELLO, J.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; VOGELMANN, E. S.; FONTANELA, E.; REICHER, J. M. Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* hill ex maiden em Argissolo. **Ciência Florestal**, v. 23 n. 1, p. 129-138, 2013.

QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C.; SOUZA, S. P. Balanços energéticos agropecuários: uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 20-28, 1987.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; HORN, R. Mecânica do solo. In: Jong Van Lier Q (Ed.) **Física do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 29-102, 2010.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa, Ed. Folha de Viçosa, p. 265-301, 1990.

REZENDE, G. C.; GONÇALVES, S. C.; SIMÕES, S. W. Produção e macronutrientes em florestas de eucalipto, sob duas densidades de plantio. **Árvore**. v. 7, n. 2, p. 165-176, 1983.

RODRIGUES, C. K.; LOPES, E. S. Análise espacial da compactação do solo causada pelo sistema de colheita de madeira de árvores inteiras **Revista Ceres**, v. 65, n. 3 Viçosa May/June, 2018

ROSA, E.; JÚNIOR, F. P.; GOULART, I. C. G. **Transferência de Tecnologia Florestal Cultivo de eucalipto em propriedades rurais**: diversificação da produção e renda. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

SANTOS, R. F. **Culturas Energéticas**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel-PR: Edunioeste, 2018

SILVA, S. R.; BARROS, N. F.; VILAS BOAS, J. E. B. Eucalyptus growth and nutrition as affected by latosol compaction at different moistures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n.5, p. 759 – 768, Viçosa Sept./Oct. 2006

SOUZA, V. M.; CARDOSO, S. B. Efeito Alopático do extrato de folhas de *Eucalyptus grandis* sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. e *Phaseolus vulgaris* L. **Revista eletrônica de educação e ciência -REEC**, v. 3 n. 2, p. 1-6, 2013.

SUZUKI, L. E. A. S.; DE LIMA, C. L. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; PILLON, C. N. Estrutura e armazenamento de água em um Argissolo sob pastagem cultivada, floresta nativa e povoamento de eucalipto no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 94-106, 2014