

Reginaldo Ferreira Santos<sup>1</sup>,  
Augustinho Borsoi<sup>2</sup>, Octávio  
Henrique Viana<sup>3</sup>, Valdinei  
Carlos Valente<sup>4</sup>

---

**DENSIDADES DO SOLO NO  
DESENVOLVIMENTO DE PINHÃO  
MANSO**

**RESUMO:** Os biocombustíveis representam uma alternativa para substituição dos combustíveis fósseis, dentre eles destaca-se o biodiesel de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), oleaginosa promissora por ser perene, monóica, rústica e apresentar elevado percentual de óleo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da compactação do solo no crescimento de plantas de pinhão manso. O experimento foi realizado em ambiente protegido na área experimental de energia na agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, PR. Foi utilizado delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco tratamentos compostos por diferentes densidades de solo (1,1; 1,2; 1,3; 1,4 e 1,5 kg dm<sup>-3</sup>) e quatro repetições. Aos 60 dias após a germinação, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas verdes e secas (NFV e NFS), matéria fresca do caule (MFC), folhas (MFF) e raízes (MFR) e matéria seca folhas (MSF), caule (MSC) e raízes (MSR). Para as variáveis NFS e MSR, não houve efeito significativo para as densidades de solo analisadas, porém, essas variáveis apresentaram comportamento inverso. Para AP, DC, NFV, MSC, MFF, MFR, MSF, MFC, houve efeito significativo entre os tratamentos. As equações de regressão apresentaram resposta quadrática decrescente em função do aumento da densidade do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** culturas energéticas, compactação do solo, biocombustível.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Associado, CCET, campus de Cascavel, UNIOESTE, Cascavel, PR, (0XX45) 3220-3155, CEP: 85.819-130. E-mail: reginaldo.santos@unioeste.br.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Energia na Agricultura, PPGEA, UNIOESTE, Cascavel, PR.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Energia na Agricultura, PPGEA, UNIOESTE, Cascavel, PR.

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Autônomo, Braganey, PR.

## SOIL DENSITIES ON DEVELOPMENT OF *Jatropha curcas* L.

**SUMMARY:** Biofuels represent an alternative to replace fossil fuels, among them, it can be highlighted the biodiesel of *Jatropha curcas* L., an oilseed promising, since it is perennial, monoecious, rustic and has a high percentage of oil. The objective of this study was to evaluate the influence of soil compaction on *Jatropha* plants growth. The experiment was carried out in greenhouse at the experimental area of energy in agriculture in the Western Paraná State University - UNIOESTE, Cascavel city, State of Paraná. The experimental design was in randomized blocks with five treatments, with different soil densities (1.1, 1.2, 1.3, 1.4 and 1.5 kg dm<sup>-3</sup>) and four replications. At 60 days after germination, the following variables were evaluated: plants height (PH), stem diameter (SD), number of green and dry leaves (NGL and NDL), fresh stalk mass (FSM), leaves (FLM) and roots (FRM), dry mass of leaves (DML), stalk (DMS) and roots (DMR). For variables NGD and DMR, there was no significant effect on the studied soil densities, however, these variables showed an opposite behavior. For PH, SD, NGL, FSM, FLM, FRM, DML, DMS, the significant effects were among treatments. The regression equations showed a decreasing quadratic response due to an increase of soil density.

**KEYWORDS:** energy crops, soil compaction, biofuel.

## INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, a energia influencia no poder competitivo de um país e na qualidade de vida de seus cidadãos (TOLMASQUIM *et al.*, 2007). Esta energia, atualmente regida pelo petróleo, combustível fóssil não renovável, está contribuindo para mudanças climáticas, principalmente no que diz respeito à emissão dos gases de efeito estufa (MATTEI, 2009). Neste contexto, atualmente, há uma intensa busca por fontes alternativas de energia e processos sustentáveis que visem à mitigação da poluição ambiental e à redução do aquecimento global do planeta. Isto estimula o mercado mundial de combustíveis limpos, principalmente o Biodiesel, o qual representa uma alternativa renovável e ambientalmente segura aos combustíveis fósseis, provinda da biomassa (RIVALDI *et al.*, 2008).

Dentre as principais fontes de biomassa existentes no Brasil para a produção de biodiesel estão as plantas oleaginosas como: soja (*Glycine max* (L.) Merrill), canola (*Brassica napus* ssp. *oleifera*), girassol (*Helianthus annuus*), pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), dentre outras (EMBRAPA SOJA, 2010). O pinhão manso é uma espécie perene e monóica, pertencente à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona (*Ricinus* sp.), mandioca (*Manihot* sp.) e seringueira (*Hevea* spp.) (LAVIOLA

& DIAS, 2008). É uma espécie nativa e rústica que pode ocupar os solos menos férteis e arenosos (CABRAL *et al.*, 2008), bem como diferentes condições de clima. Possui, na semente, um teor de óleo que varia entre 25 e 40% do seu peso total (ARRUDA *et al.*, 2004). É também caracterizada como uma cultura em expansão e com grande potencial de produção, além de estar entre as espécies oleaginosas mais indicadas para a produção de biodiesel em praticamente todo o território nacional.

Entretanto, a produtividade de frutos e conseqüentemente a produção de óleo responde bem aos solos férteis e com boas condições físicas. Sendo assim, a correção da acidez e da fertilidade do solo pode ser decisiva para se obter sucesso e lucratividade nessa cultura (LAVIOLA & DIAS, 2008). Produz anualmente, no mínimo duas toneladas de óleo por hectare, e pode variar de acordo com a região de plantio, método de cultivo, tratos culturais, idade da cultura, quantidade de chuva e fertilidade do solo (CARNIELLI, 2003). Embora seja uma espécie rústica, capaz de produzir nas mais diferentes condições edafoclimáticas, apresenta melhor desenvolvimento em solos profundos, bem estruturados e pouco compactados, onde o sistema radicular possa se desenvolver e explorar maior volume de solo, possibilitando uma melhor oportunidade para a absorção de água e nutrientes. Solos muito argilosos, rasos, com umidade constante, pouco arejados e de difícil drenagem não são recomendados para seu plantio (DRUMOND, 2007).

Sabe-se que o potencial produtivo de uma cultura pode ser afetado por diversos fatores, dentre eles a densidade do solo. Um solo compactado aumenta a resistência mecânica do solo à penetração das raízes, reduz a porosidade, permeabilidade e a disponibilidade de nutrientes e água (TEIXEIRA & NEIRO, 2008). A compactação pode ter influência negativa no comportamento dos atributos do solo, reduzir o crescimento radicular das plantas e absorção de água e assim afetar o crescimento e o desenvolvimento radicular, bem como as perdas de N, além de aumentar a erosão devido à menor infiltração de água (MARTINS *et al.*, 2002).

Os valores de resistência do solo restringem o crescimento radicular conforme a cultura implantada (CARVALHO, 2004). A busca por água e nutrientes é uma habilidade das plantas em explorar o solo, que depende muito da distribuição de raízes no perfil desse solo (ALVARENGA & CRUZ, 2003). A compactação do solo pode afetar o fluxo de água no solo, o que reduz a produtividade e aumento dos níveis de erosão causado pela redução da taxa de infiltração (SEIXAS, 2000).

Segundo Vale *et al.*, (2006), a compactação afeta algumas

importantes propriedades do solo como: capacidade de armazenamento de água, aeração e impedimento físico para o crescimento das raízes, ocorrendo então o desenvolvimento superficial destas. Como as raízes não se aprofundam, elas exploram uma área menor do solo para absorver água e nutrientes, e até mesmo a sustentação da planta é prejudicada em alguns casos. Com o aumento da densidade do solo, há uma diminuição do volume de poros, ocasionando dificuldade no crescimento das raízes e na aeração, o que prejudica o desenvolvimento da parte aérea das plantas.

Tormena *et al.* (1999) demonstraram em seu estudo que o principal fator limitante ao crescimento das plantas foi a resistência à penetração, mesmo com potencial da água disponível. Segundo Imhoff *et al.* (2000), os quais trabalharam a resistência à penetração, foi possível verificar que o aumento da densidade do solo em conjunto com o secamento do solo provocaram aumento acentuado na resistência mecânica do solo. Ainda segundo Vale *et al.*, (2006), o pinhão manso, embora tolerante, tem o crescimento afetado pela compactação do solo.

Dentre essas avaliações e pesquisas, é necessário analisar a conduta dessa oleaginosa sobre diferentes compactações de solo que, por sua vez, se em grande densidade, prejudica a aeração do solo, armazenamento de água, crescimento das raízes das culturas (VALE *et al.*, 2006) e desenvolvimento da parte aérea das plantas (VALE *et al.*, 2004). O pinhão manso é uma cultura que necessita de pesquisa sobre seu comportamento em campo e o conhecimento técnico sobre a cultura é limitado. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência de densidades do solo sobre o desenvolvimento inicial do pinhão manso.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de 21 de maio a 21 de Julho de 2009, em casa de vegetação na Área Experimental de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Cascavel, PR, localizada nas coordenadas geográficas de latitude (24 56' 26" S) e longitude (53 33' 32" O) e 685 metros de altitude. O solo do local foi classificado, como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico, segundo critérios da Embrapa (2006).

Para realização do experimento, foram utilizados vasos cilíndricos de PVC com volume de 40 L. O solo foi coletado no *Campus* da UNIOESTE na profundidade de 0-20 cm e peneirado em peneira de malha 2 mm, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Para se obter a

compactação desejada, o solo foi pesado na quantidade calculada para a densidade almejada (considerando o volume do vaso) e levado a uma prensa para compactação. Cada vaso ficou com uma borda de 2 cm de espaço vazio na parte superior para irrigação das plantas.

Em cada unidade experimental, foram semeadas três sementes de pinhão-manso, efetuando-se raleio aos 10 dias após a germinação, deixando apenas uma planta por vaso. Não foi realizada a correção da fertilidade do solo e as plantas receberam água na mesma quantidade em função da evaporação de um mini-tanque evaporímetro de duas a três vezes por semana.

Adotou-se delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, constituídos pelas seguintes densidades de solo: 1,1; 1,2; 1,3; 1,4 e 1,5 kg dm<sup>-3</sup>.

Após 60 dias, as plantas foram coletadas, separadas as partes aérea e radicular e realizada a coleta de dados para variáveis: altura de plantas (AP), diâmetro (DC), número de folhas verdes (NFV) e secas (NFS), massa fresca do caule (MFC), folhas (MFF) e raízes (MFR), massa seca de folhas (MSF), caule (MSC) e raízes (MSR) das plantas. Para a análise de MSF, MSC e MSR, as plantas foram secas em estufa a 65 °C por 72 h. Para a obtenção dos dados de AP, foi utilizada uma régua graduada em centímetros. Os dados médios das variáveis foram submetidos à análise estatística pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%, com auxílio do software ASSISTAT 7.5 beta (SILVA, 2008),

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O comportamento dos resultados encontrados na Tabela 1 mostra que houve efeito linear da compactação do solo no desenvolvimento das plantas. Assim, acredita-se que o pinhão manso dever ser preferencialmente cultivado em solos com baixa compactação (SATO *et al.*, 2009). Tais resultados são semelhantes aos obtidos por Vale *et al.* (2006). A seguir são apresentados as equações de regressão e os coeficientes de determinação obtidos através das variáveis analisadas no experimento.

Tabela 1 Equações de estimativa e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da correlação entre compactação e o desenvolvimento de plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*)

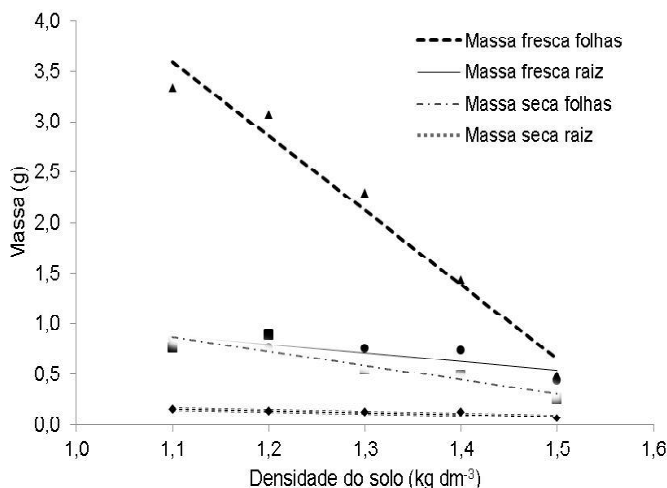
Variáveis		Coefficientes	$R^2$
Número secas	folhas	$y = 1,75x + 1,125$	0,94 <sup>ns</sup>
Número verdes	folhas	$y = -4,75x + 8,425$	0,91 *
Massa fresca	folhas	$y = -0,852x + 1,818$	0,72 *
Massa fresca	raízes	$y = -4,547x + 7,682$	0,84 *
Massa seca	caule	$y = -7,34x + 11,667$	0,97 *
Altura	plantas	$y = -1,307x + 2,844$	0,81 *
Diâmetro do caule		$y = -11,16x + 27,365$	0,89 *
Massa seca	raízes	$y = -0,1775x + 0,351$	0,76 <sup>ns</sup>
Massa fresca	caule	$y = -32,185x + 53,173$	0,92 *
Massa seca	folhas	$y = -1,435x + 2,453$	0,83 *

(\*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo.

Na Tabela 01, verifica-se que, apenas para o número de folhas secas e massa seca das raízes não foram obtidos resultados significativos entre as diferentes densidades de solo. Todos os valores de  $R^2$  ( $p < 0,05$ ) foram acima de 0,7, o que indica uma boa correlação entre os dados. A análise de regressão mostrou que houve uma redução linear para todas as variáveis analisadas, exceto para o número de folhas secas que aumentou em razão do aumento da densidade do solo. Para Taiz e Zager (2009), a redução da disponibilidade de água no solo, provocada pelo aumento de compactação do solo, levou à senescência das folhas em virtude do aumento de ácido abscísico produzido nas raízes das plantas.

Na Figura 1, é apresentada a análise de regressão para as variáveis MFF, MFR, MSF e MSR de acordo com as densidades de solo em que o pinhão manso foi cultivado.

Verificou-se que o crescimento radicular foi inibido à medida que se aumentou a densidade do solo, com uma redução linear significativa e o aumento da compactação em subsuperfície (Figura 1), bem como houve redução da massa foliar (fresca e seca) conforme aumento da compactação do solo. Silva e Rosolem (2001) não encontraram alteração na produção de matéria seca da parte aérea da soja em função da compactação do solo. Já para Rosolem *et al.* (1994) e Fernandez *et al.* (1995), as densidades do solo de até  $1,72 \text{ mg m}^{-3}$  não afetaram o desenvolvimento. Foloni *et al.* (2006) observaram comportamento inverso, em que o aumento da densidade do solo reduziu a massa seca de raízes nas camadas compactadas.



**Figura 1** Análise de regressão para massa seca e fresca de folhas (g), massa seca e fresca radicular (g) do pinhão manso cultivado em diferentes densidades de solo.

Entretanto, segundo Marschner (1986), em densidades de até 1,4 mg m<sup>-3</sup>, o impedimento ao crescimento radicular não está correlacionado com a inibição da absorção de nutrientes, e sim com o aumento do poder-tampão e a influência sofrida pelos reguladores de crescimento, além do aumento na densidade do solo (SILBERBUSH *et al.*, 1983).

A resposta das plantas de pinhão manso à variação de densidade no solo pode estar relacionada à pequena quantidade de raízes que chegaram às camadas mais compactadas e pode ser atribuída ao fato de as raízes não conseguirem se recuperar do estresse ao qual estão submetidas. Assim, há um maior gasto na quantidade de fotoassimilados para passarem pelo impedimento físico e houve aumento no número de folhas secas (Figura 2), concordando com Masle e Farquhar (1988).

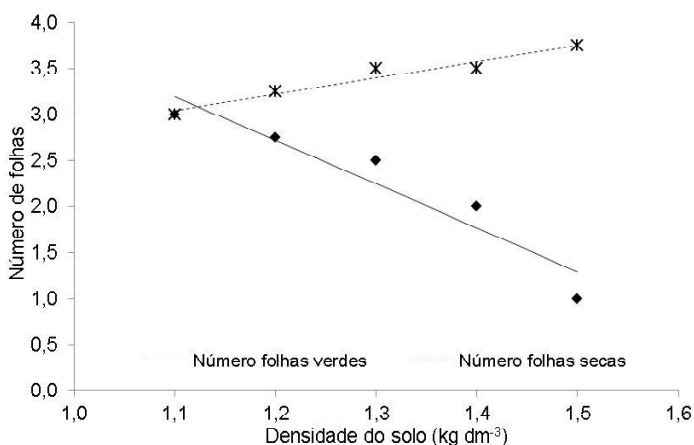
As raízes se desenvolvem melhor em pontos de menor resistência que são oferecidos pelo solo, razão pela qual ocorreram modificações na morfologia da raiz, como redução na massa seca de raiz quando essas encontram restrições ao crescimento, concordando com (BORGES, 1986). Centurion *et al.* (2004) avaliaram os atributos físicos de um LATOSSOLO VERMELHO e verificaram que densidades do solo a partir de 1,27 g cm<sup>-3</sup> podem limitar o desenvolvimento das raízes da seringueira (*Hevea brasiliensis* L.). Portanto, verifica-se que cada

espécie tem seu nível tolerância à resistência mecânica do solo.

Ao estudarem as respostas da parte aérea das plantas em função do aumento da densidade do solo, tanto Rodrigues *et al.* (2009) como Bonelli *et al.* (2011) verificaram que, independente dos níveis de compactação do solo, não foram encontrados efeitos para massa seca de plantas. Já a massa seca de raiz, como pode ser visto na Figura 1, foi pouco influenciada pela variação na compactação, concordando com Rosolem *et al.* (2002), os quais não observaram efeito da compactação do solo na massa seca de raiz milho (*Penisetum americanum*) e sorgo (*Sorghum bicolor*). Bonelli *et al.* (2011) encontraram efeito da compactação do solo na massa seca de raiz. O sistema radicular funciona como dreno, logo, provavelmente, as plantas direcionam os fotoassimilados para essa região. Isso permite o mesmo desenvolvimento radicular sob diferentes níveis de compactação.

Jorge e Bovi (1994) verificaram que, em áreas com maior resistência à penetração, as plantas apresentaram menor desenvolvimento. Como o crescimento da parte aérea das plantas está diretamente associado ao desenvolvimento das raízes, a excessiva resistência mecânica do solo à penetração das raízes torna-se um dos principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento e pela produtividade da cultura.

Na Figura 2 são apresentados os valores da análise de regressão para as variáveis, número de folhas verdes e secas do pinhão manso cultivado em densidades de solo.

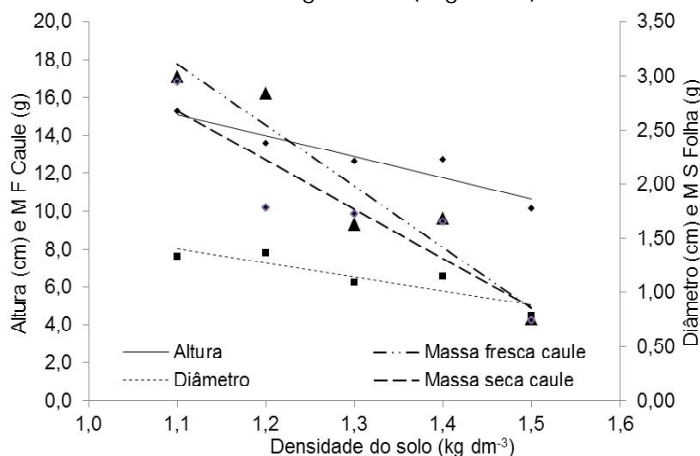


**Figura 2** Equação de regressão para número de folhas verdes e número de folhas secas, nas densidades de solo em que as plantas de pinhão manso foram submetidas.



Para o número de folhas verdes (Figura 2), a densidade demonstrou interferência, com redução de três para uma folha verde, nas densidades de  $1,1 \text{ kg dm}^{-3}$  e  $1,5 \text{ kg dm}^{-3}$ , respectivamente. Já para folhas secas, não houve diferença significativa entre os tratamentos, ou seja, o número de folhas secas não foi influenciado pelo aumento na densidade do solo, o que pode ser explicado como uma resposta da planta à compactação do solo, cuja consequência foi a menor produção no número de folhas.

O aumento na densidade do solo também influenciou negativamente as variáveis: altura das plantas, massa seca e fresca do caule, diâmetro do caule e houve um comportamento linear decrescente na análise de regressão (Figura 3).



**Figura 3** Equações de regressão para altura (cm), diâmetro (g), massa fresca do caule (g) e massa seca das folhas (g) do pinhão manso, cultivado sob densidades de solo.

Observa-se nas Figuras 1 e 3, que todas as características avaliadas mostraram declínio linear, conforme aumento na densidade do solo, bem como diferença significativa entre os tratamentos de densidade de solo aplicados à cultura. Na Figura 3, pode-se observar que as plantas submetidas à densidade de  $1,1 \text{ kg dm}^{-3}$  apresentaram média de 15,28 cm de altura, enquanto as plantas cultivadas em densidade mais elevada ( $1,5 \text{ kg dm}^{-3}$ ) apresentaram média de altura de 10,13 cm.

Para o diâmetro de planta, a densidade interferiu a partir de  $1,3 \text{ kg dm}^{-3}$ , enquanto a densidade de  $1,5 \text{ kg dm}^{-3}$  apresentou a maior variação. A massa fresca caulinar apresentou grande influência da

densidade do solo, mostrando uma grande variação de valores, com 17,10 g para 1,1 kg dm<sup>-3</sup> e 4,32 g para 1,5 kg dm<sup>-3</sup> de densidade. Outra variável que mostrou grande variação foi a massa fresca foliar, apresentando 3,34 g para 1,1 kg dm<sup>-3</sup> e 0,48 g para densidade de 1,5 kg dm<sup>-3</sup>.

Além disso, as matérias seca foliar, radicular (Figura 1) e caulinar (Figura 3) também se mostraram dependentes da densidade do solo e apresentaram densidade de 1,1 kg dm<sup>-3</sup> massa de 0,77 g; 0,15 g e 2,95 g, respectivamente, já para a densidade 1,5 kg dm<sup>-3</sup>, apresentaram valores de massa de 0,25 g; 0,07 g e 0,74 g. Souza *et al.* (2008), trabalhando com diferentes níveis de compactação e doses de fósforo no crescimento e nos teores de P na matéria seca de plantas milho, observaram a redução da matéria seca das plantas em condições de alta densidade do solo.

A consequência da compactação é o aumento da resistência do solo e redução da porosidade, da continuidade de poros, da permeabilidade e da disponibilidade de nutrientes e água (Souza *et al.*, 2008). A boa aeração e a inexistência de camadas compactadas (impedimento físico) possibilitam o adequado crescimento do sistema radicular de forma que a planta pode absorver água em camadas profundas e explorar maior volume de solo para acessar os nutrientes (VALE *et al.*, 2006).

A redução do peso seco de raízes foi obtida em função da compactação. Em campo, isso significa que uma planta que cresce em solo compactado terá a raiz pivotante com crescimento insatisfatório o que prejudicará a capacidade de absorção de água em camadas mais profundas e conseqüentemente reduzirá o potencial produtivo quando ocorrer baixa disponibilidade de água. Isso seria uma das principais vantagens dessa espécie quando cultivada na região semi-árida (Vale *et al.*, 2004).

Neste contexto, pode-se avaliar que quanto maior a densidade do solo, menor é o desenvolvimento do pinhão manso nas características analisadas. Sendo assim, esses resultados demonstram que o pinhão-manso é suscetível à compactação do solo (ABREU *et al.*, 2006).

## CONCLUSÕES

O pinhão manso se mostrou suscetível à compactação do solo. Ademais, observou-se o declínio da produção de massa seca e fresca foliar, caulinar e radicular e o aumento do número de folhas secas, à medida que foi elevada a densidade do solo.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, H. A.; GUERRA, G. M.; MESQUITA, D. N.; PEREIRA, V. C.; ASSIS, R. L.; SILVA, O. A.; SILVA, G. P.; PIRES, F. R.; IMOLES, A. S. *Crescimento aéreo e radicular de pinhão-manso sob diferentes níveis de compactação de solo*. Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, Brasil, 2006. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/.../CrescimentoAereo17.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2010.
- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. Manejo de solos e agricultura irrigada. In: RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; COUTO, L. *A cultura do milho irrigado*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.70-106.
- BONELLI, E.A.; BONFIM-SILVA, E.M.; CABRAL, C. E. A.; CAMPOS, J.J.; SCARAMUZZA, W.E L. M.P.; POLIZEL, A.C. Compactação do solo: Efeitos nas características produtivas e morfológicas dos capins Piatã e Mombaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.15, n.3, p.264-269, 2011.
- BORGES, E. N. *Resposta da soja e eucalipto a camadas compactadas de solo*. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986, 69p.
- CABRAL, E. D.; VENDRUSCOLO, M. C.; DALLACORT, R.; NIED, A. H. Produtividade da cultura do pinhão manso submetida a diferentes fontes de adubação. Jornada Científica da UNEMAT, 1, 2008, Cáceres. *Anais...* Cáceres, UNEMAT, 2008.
- CARNIELLI, F. *O combustível do futuro*. 2003. Disponível em: <http://www.ufmg.br/bole/tim/bo11413>. Acesso em: 19 jun. 2010.
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, vol. 39, p. 1153-1155, nov. 2004.
- CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G.; CENTURION, M. A. P. C.; PRADO, R. M.; DA SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L.; CAMARGO, O. A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 10, p. 91-95, 1986.
- DRUMOND, M. A.; MARTINS, J.; ANJOS, J. B.; MORGADO, L. B. Germinação de sementes de pinhão manso em condições de viveiro no semi-árido pernambucano. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2007, Teresina. *Anais...* Teresina: Embrapa, 2007.
- EMBRAPA SOJA. Painel: Produção agrícola. Grupo de trabalho sobre biocombustíveis, 2010. Disponível em: [www.senado.gov.br/sf/.../](http://www.senado.gov.br/sf/.../)

[AP20091028\\_ProjetoBiodiesel2009TODO-S1.pdf](#) Acesso em: 23 out. 2010.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: CNPSo, 2006. 412 p.

FERNANDEZ, E. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; THIMOTHEO, C. M. S.; ROSOLEM, C. A. Matéria seca e nutrição da soja em razão da compactação do solo e adubação fosfatada. *Científica*, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 117-132, 1995.

FOLONI, J.S.S; LIMA, S.L. de.; 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*, Viçosa, v.30, p.49-57, 2006.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Curva de resistência: Aplicações no controle da qualidade física de solo sob pastagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, vol. 35, n. 7, p. 1493-1500, nov. 2000.

JORGE, J.A.; BOVI, L.A. 1994. Influência das propriedades químicas e físicas do solo no crescimento da pupunha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, 1994, Salvador. *Anais...* Salvador: SBF, v. 3, p. 1145-1146, 1994.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 5, 2008.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. New York: Academic, 1986. 403 p.

MARTINS, S. G.; SILVA, M.L.N.; CURI, M.; FERREIRA, M.M. Avaliação dos atributos do solo em Latossolo Vermelho Distroférico sob diferentes povoamentos florestais. *Revista Cerne*, Lavras, v.8, n.1, p.32-41, 2002.

MASLE, J.; FARQUHAR, G.D. Effects of soil strength on the relation of water-use efficiency and growth to carbon isotope discrimination in wheat seedlings. *Plant Physiology*, Massachusetts, v.86, n.1, p.32-38, 1988.

MATTEI, L. F. Programa nacional para produção e uso do biodiesel no Brasil (PNPB): trajetória, situação atual e desafios. In: CONGRESSO DA SOBER (SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL), 47, 2009, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SOBER, 2009.

RIVALDI, J. D.; SARROUH, B. F.; FIORILO, R.; SILVA, S. S. da. Glicerol de biodiesel Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, Brasília, n. 37, p. 44-51, 2008.

RODRIGUES, P. N. F.; ROLIM, M. M.; NETO, E. B.; PEDROSA, E. M. R.; OLIVEIRA, V. S. Crescimento e composição mineral do milho em função da compactação do solo e da aplicação de composto orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, p.94-99, 2009.

ROSOLEM, C. A.; ALMEIDA, A. C. S.; SACRAMENTO, L. V. S. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. *Bragantia*, Campinas, v. 53,n. 2, p. 259-266, 1994.

SATO, M.; BUENO O. C.; ESPERANCINI, M. S. T.; FRIGO, E. P. A cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): uso para fins combustíveis e descrição agrônômica. *Revista Varia Scientia*, Cascavel, v. 07, n. 13, p. 47-62, 2009.

SILBERBUSH, M.; HALLMARK, W. B.; BARBER, S. A. Simulation of effects of soil bulk density and P addition on K uptake of soybean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 14, p. 287-296, 1983.

SILVA, F.A.S. *ASSISTAT 7.5 beta*, DEAG-CTRN-UFCG, Campina Grande-PB, 2008.

SILVA, H.R.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, n.2, p.253-260, 2001.

SOUZA, R.V.C.C.; ANTUNES, P.D.; MARQUES, M.C.; FREIRE, M.B.G. dos S. Influência de diferentes níveis de compactação e doses de fósforo no crescimento e nos teores de P na matéria seca de plantas milho (*Zea mays* L.) em um solo representativo do Estado de Pernambuco. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Paraíba, v. 8, n. 1, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TEIXEIRA, R. B.; NEIRO, E. da S. *Atributos físico-hídricos do solo sob cultivo de pinhão-manso (Jatropha curcas)*. Disponível em: <http://www.propp.ufms.br/gestor/titan.php?target=openFile&fileId=484>. Acesso em: 20 nov. 2010.

TOLMASQUIM, M. T. *Fontes renováveis de energia*. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V. *Intervalo ótimo de potencial da água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada*. 1999. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v3n3/286.pdf>> Acesso em: 20 mar. 2010.

VALE, L.S.; COSTA, J.V.T.; LIMA, R.L.S.; SILVA, M.I.L.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; CARDOSO, G.D. Crescimento da mamoneira em solo compactado. *In*: Congresso Brasileiro da Mamona - Energia e Sustentabilidade, 1, 2004, Campina Grande. *Anais...* Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

VALE, L.S.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Crescimento do pinhão manso em solo compactado. *In*: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel, 1, 2006, Brasília. *Anais...* Brasília, ABIPTI, 2006.