

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (7)

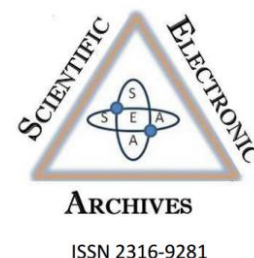
July 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/1372020960>

Article link

<http://sea.ufr.edu.br/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=960&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES, CrossRef



Modelagem da transferência das pressões aplicadas na superfície de um argissolo do tabuleiros costeiros

Model of the pression tranfer apply on an alfisol of tabuleiros costeiros

D. S. Santana, E. P. Pacheco, W. G. Vale, M. V. S. Chaves

Universidade Federal de Sergipe
Embrapa Tabuleiros Costeiros, Manejo e Conservação do Solo

Author for correspondence: valewg@gmail.com

Resumo: O horizonte subsuperficial coeso dos Argissolos de Tabuleiros Costeiros, reduz a profundidade efetiva desses solos, comprometendo a produtividade e longevidade das lavouras de culturas perenes. Essa limitação pedogenética pode ser potencializada quando a pressão aplicada na superfície do horizonte Ap, durante o tráfego de máquinas agrícolas é transmitida para horizontes mais profundos, AB ou Bt, em níveis superiores a capacidade de suporte de carga dessas camadas. Objetivou-se com esta pesquisa modelar matematicamente a transferência de pressões aplicadas à superfície do horizonte Ap de um Argissolo para camadas subsuperficiais buscando relacionar a pressão aplicada com a umidade do perfil de solo. Com o experimento desenvolvido no laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Tabuleiros Costeiros, concluiu-se que a umidade apresenta efeito de amortecimento sobre a pressão transmitida de camadas superiores para subsuperfície. A pressão transmitida para subsuperfície apresenta comportamento exponencial com correlação negativa em função da profundidade, independente da pressão aplicada na superfície. O aumento da área de contato para aplicação de pressões na superfície do solo, atenua a transmissão de pressão para camadas inferiores, quando é comparado à mesma pressão aplicada em áreas menores.

Palavras Chave: horizonte Ap, compactação subsuperficial, suporte de cargas.

Abstract: The cohesive subsurface horizon of the Arfisol of Tabuleiros Costeiros, reduces the effective depth of these soils, compromising the yield and longevity of the perennial crops. This pedogenetic limitation can be potentiated when the pressure applied on the surface of the Ap horizon, during the traffic of agricultural machinery is transmitted to deeper horizons, AB or Bt, at higher levels the load-bearing capacity of these layers. The objective of this research was to mathematically model the transfer of pressures applied to the surface of the Ap horizon of an Alfisol for subsurface layers, relating the pressure applied to the soil profile moisture. With the experiment developed in the Laboratory of Soils and Plant Nutrition of Embrapa Tabuleiros Costeiros, it was concluded that moisture has a damping effect on the pressure transmitted from upper layers to subsurface. The pressure transmitted to the subsurface shows an exponential function with negative correlation as a function of depth, independent of the applied pressure on the surface. The increase in the contact area for the application of pressures on the soil surface, attenuates the transmission of pressure to lower layers when compared to the same pressure applied in smaller areas.

Keywords: Ap horizon, subsurface compaction, load support.

Introdução

Os solos dos Tabuleiros Costeiros que incluem os Argissolos são em geral, pobres em nutrientes e em matéria orgânica e são caracterizados pela presença de camadas adensadas (camadas coesas) localizadas quase sempre entre 20 e 60 cm de profundidade (Jacomine, 2001)

A cana-de-açúcar dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas está assentada predominantemente em Argissolos e Latossolos

Amarelos. Assim, apesar do grande potencial dos Tabuleiros Costeiros para a exploração agrícola, relacionado à topografia favorável, à mecanização e à proximidade de grandes centros consumidores, há limitações edafoclimáticas que comprometem a produtividade da cultura. A baixa fertilidade desses solos e a má distribuição das chuvas, associada aos horizontes coesos, destacam-se dentre as principais limitações à produção de cana nos Tabuleiros Costeiros (Resende et al., 2015).

Buscar compreender como se comporta o solo em dadas situações é imprescindível para os projetos de engenharia (Schoueri, 2017). No caso do uso agrícola a afirmativa se mantém, a influência dos poros do solo, densidade, resistência a penetração e quantidade de umidade retida, influenciam diretamente na produtividade, sendo essas características modificadas maleficamente com o uso de sistemas agrícolas convencionais que vem se intensificando (Wagner, 2017).

A degradação nas propriedades físicas do solo, causado pelas operações motomecanizadas, vem sendo instrumento de pesquisa, por estar diretamente ligada aos efeitos negativos da compactação do solo e desenvolvimento da produtividade das plantas. Com a modernização da mecanização nas operações agrícolas, a introdução de máquinas mais pesadas vem intensificando o aumento da carga aplicada na superfície e subsuperfície dos solos.

A compactação e o adensamento decorridos de uma alteração dos poros do solo acarretam em uma série de problemas que afetam direta ou indiretamente a produção agrícola ao causarem restrição do crescimento e desenvolvimento radicular (Lima et al., 2015) e, conseqüentemente, pode causar alterações na capacidade de retenção de água do solo decorrentes das alterações sofridas na distribuição do diâmetro de poros. Entretanto, Cintra (1997) sugere que a camada coesa exerce ação benéfica, por se constituir, também, numa barreira física à perda de água. A citada barreira favorece o armazenamento da água no solo, amenizando o estresse hídrico da planta no início da estação seca. A esses fatores limitantes ao pleno desenvolvimento da atividade sucroalcooleira, deve ser acrescentada a impossibilidade da prática de irrigação na maior parte da área, atualmente ocupada pela cultura da cana, o que torna necessária a seleção de porta-enxertos com boa tolerância à seca.

Em contra partida de Cintra (1997), Labegalini et al. (2016) sugere que a compactação dos solos, principalmente aqueles com ocorrência de déficit hídrico são os principais limitantes do teto produtivo.

Na indústria sucroalcooleira a entrada de maquinário tem necessidade indiscutível, pois, o ciclo de produção dos canavieiros exige uma alta atividade dos mesmos nas lavouras. Por haver sucessão dos ciclos rapidamente não é realizada análise do conteúdo de água do solo prévia à entrada de máquinas, uma vez que em condições de friabilidade este apresenta maior suporte a carga, podendo preservar a estrutura dos solos (Oswaldo Filho et al., 2015).

Objetivou-se com este trabalho desenvolver e avaliar a eficiência de um método laboratorial para estimar a transferência de pressões aplicadas na superfície do solo para camadas subsuperficiais.

Métodos

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro repetições, no esquema fatorial 5x3x6, totalizando 90 tratamentos e 4 repetições sendo realizado 360 ensaios, foram realizados dois ensaios, com 2 duas áreas diferentes, totalizando 720 ensaios, sendo consideradas cinco espessuras do horizonte Ap: 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 e 0,25 m, três níveis de umidades do solo com base na capacidade de campo (θ_{cc}): solo seco, 25% da θ_{cc} e 50% da θ_{cc} e seis níveis de pressão aplicadas no topo do corpo de prova: 25, 50, 100, 150, 200 e 250 kPa.

As cinco espessuras do horizonte Ap (EHAp) foram obtidas por meio da contenção de uma massa de solo, em cilindros de PVC com diâmetro de 0,10 m e com alturas variadas, conforme especificado anteriormente (Figura 1). A massa de solo foi calculada conforme o volume de solo necessário, para obter uma densidade do solo de $1,42 \text{ mg}\cdot\text{ton}^{-3}$, avaliada por meio de amostras indeformadas coletados com trado de Huland.



Figura 1. Cilindros de PVC utilizados no ensaio.

Para os três níveis de umidade do solo (θ) foram considerados solo seco a sombra e adição de água ao solo seco para obtenção das umidades volumétricas de 25% e 50% da θ_{cc} .

Os seis níveis de pressão na superfície (PS) foram obtidos por meio de uma prensa mecânica de acionamento manual (Figura 2). Dois discos de metal de 0,051 e 0,091 m de diâmetro e 20,43 e 65,04 cm^2 de área foram posicionados no topo do corpo de prova e sobre ele aplicada cargas que corresponderam aos seis níveis de pressão preestabelecidos de 25, 50, 100, 150, 200 e 250 kPa, respectivamente. A manivela da prensa foi acionada até que o micrômetro digital atingisse a medida da deformação do anel dinamométrico da prensa, indicasse a leitura correspondente à carga desejada no ensaio em questão.



Figura 2. Prensa de ativação manual.

A leitura da força transmitida até a base do corpo de prova foi medida por meio de uma célula de carga com capacidade de 20 kgf, que conectada ao “datalogger” do penetrógrafo de bancada da marca Marconi que registrou a força em kgf transmitida a cada segundo. Utilizando software específico, os dados de força foram registrados em um arquivo ‘.txt’, do qual foi selecionado o maior valor registrado. Esse valor foi utilizado para calcular a pressão transmitida do topo para a base do corpo de prova, conforme equação a seguir:

$$PTPS = \left(\frac{FMS}{6,16}\right) * 98,0665 \quad (1)$$

onde, PTPS é a pressão transmitida para subsuperfície (kPa); FMS é a força máxima na subsuperfície (kgf); 6,16 = área de contato da célula de carga com a subsuperfície (cm²); 98,0665 é a transformação de kgf.cm⁻² para kPa.

Após a determinação das PTPS para cada ensaio, foi elaborado um modelo, por meio de regressão, para estimativa da PTPS em função da espessura do horizonte Ap (EHA_p), θ e PS. O modelo buscou adequar os pontos à Equação 2 estimando as constantes ‘a’ e ‘b’ do mesmo.

$$y = a \cdot e^{-bx} \quad (2)$$

onde, y é o eixo das abcissas, representando os valores de média das pressões transferidas em kPa; x é o eixo das ordenadas representando os valores de profundidade da camada.

Resultados e discussão

A Tabela 1 mostra os valores de carga aplicados e as leituras obtidas no micrometro buscando obter as pressões preestabelecidas para a área de 20,43 cm². De maneira similar a Tabela similar faz para a área de 65,04 cm².

Após estabelecidas as cargas a serem aplicadas para obter-se a pressão desejada, o experimento prosseguiu aplicando as cargas por meio dos discos de área de contato 20,43 e 65,04cm², como ilustrado na Figura 3.

Tabela 1. Obtenção das pressões aplicadas com a menor área de contato.

kPa	kgf/cm ²	cm ²	kg	Leitura (mm)
25	0,2549	20,43	5,2082	0,02
50	0,5099	20,43	10,4165	0,05
100	1,0197	20,43	20,8329	0,10
150	1,5296	20,43	31,2494	0,15
200	2,0394	20,43	41,6658	0,20
250	2,5493	20,43	52,0823	0,25

Tabela 2. Obtenção das pressões aplicadas com a maior área de contato.

kPa	kgf/cm ²	cm ²	kg	Leitura (mm)
25	0,2549	65,04	16,5806	0,08
50	0,5099	65,04	33,1613	0,16
100	1,0197	65,04	66,3226	0,32
150	1,5296	65,04	99,4839	0,48
200	2,0394	65,04	132,6452	0,65
250	2,5493	65,04	165,8065	0,81



Figura 3. Imagem anterior ao experimento com área de contato de 20,43cm².

Os gráficos das Figuras 4, 5 e 6 foram traçados após as 4 repetições terem sido executadas com o disco de 20,43 cm², cada ponto representa uma média das destas. A curva característica de cada uma das tensões para o delineamento de cada umidade foi obtida por regressão adequada a Equação 2.

As equações de regressão foram obtidas por meio do software Excel, considerando os três níveis de umidade e seis níveis de pressão aplicadas no topo do corpo de prova (PS), simulando pressões aplicadas na superfície do solo durante o tráfego de máquinas agrícolas. Para os ensaios realizados com pressão aplicada com o disco de menor área (Figuras 4, 5 e 6), pode-se observar um comportamento distinto quando as pressões foram aplicadas ao solo com umidade de 50 % CC (Figura 6), sendo que, para a profundidade de 15 cm a PSS não atingiu 100 kPa, mesmo para uma pressão de

250 kPa aplicada na superfície do corpo de prova. A explicação para esse comportamento é o menor atrito entre as partículas do solo proporcionado pela água, fazendo que o corpo de prova apresente uma maior deformação durante a aplicação da pressão na sua superfície, funcionando como um amortecedor, conseqüentemente, diminuindo as pressões transmitidas para camadas mais profundas. Isso pode ser comprovado por meio da diminuição do coeficiente "b" das equações de regressão, chegando a -0,088 para a curva referente à PS de 150 kPa, para umidade do solo de 50% CC (Tabela 3).

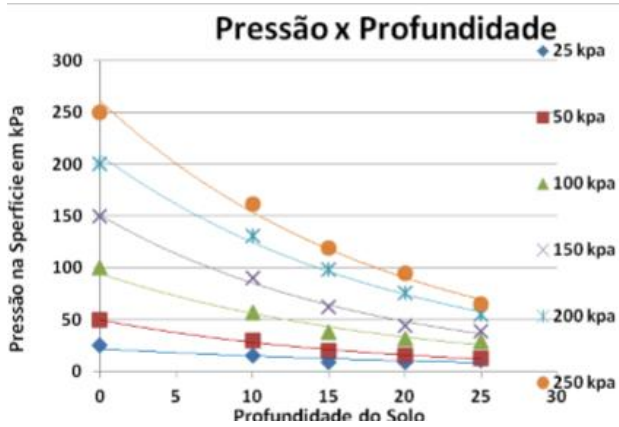


Figura 4. Curvas de regressão para pressão transmitida em função da profundidade para o solo com 0% da capacidade de campo.

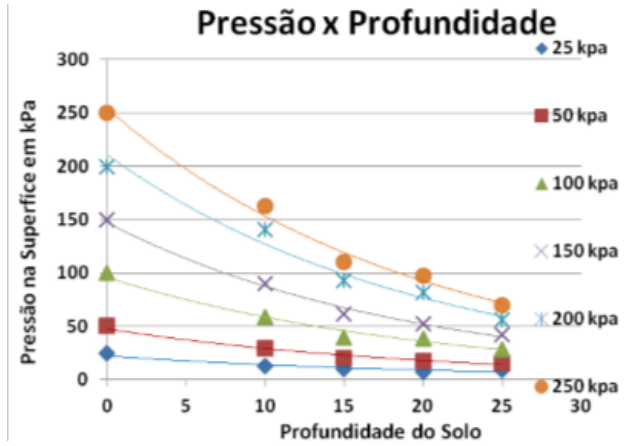


Figura 5. Curvas de regressão para pressão transmitida em função da profundidade para o solo com 25% da capacidade de campo.

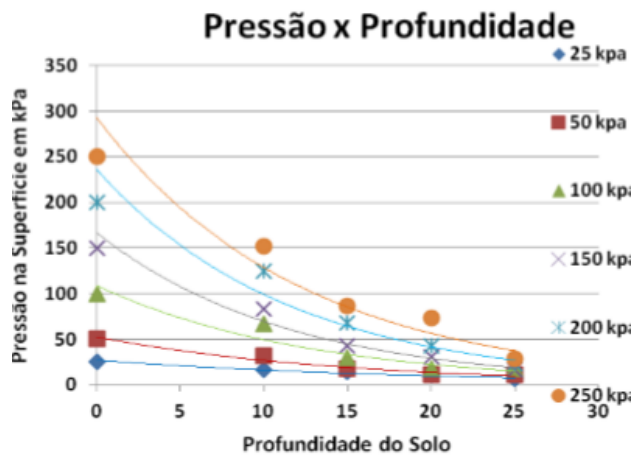


Figura 6. Curvas de regressão para pressão transmitida em função da profundidade para o solo com 50% da capacidade de campo.

Tabela 3. Coeficientes de regressão para Pressão transmitida a subsuperfície em função da profundidade para as 3 umidades com o disco de 20,43 cm²

Umidade (%CC)	Pressão (kPa)	Coeficientes de Regressão		R ²
		a	b	
0%	25	21,879	-0,038	0,7339
	50	49,734	-0,057	0,9889
	100	94,503	-0,052	0,9656
	150	150,930	-0,057	0,9879
	200	208,870	-0,052	0,9920
	250	261,270	-0,053	0,9893
25%	25	21,853	-0,046	0,8490
	50	47,411	-0,049	0,9698
	100	95,856	-0,049	0,9660
	150	147,250	-0,052	0,9873
	200	210,990	-0,051	0,9733
	250	254,430	-0,051	0,9864
50%	25	26,952	-0,051	0,9533
	50	53,533	-0,067	0,9598
	100	108,900	-0,079	0,9295
	150	166,940	-0,088	0,9790
	200	236,180	-0,087	0,9627
	250	292,980	-0,082	0,9268

Comparando as duas áreas de contato observa-se que o aumento da área de contato para aplicação da pressão na superfície, resultou em uma diminuição das pressões transmitidas para as camadas inferiores. Logo como observado por Oswaldo Filho et al. (2015), a água ainda teve um papel de lubrificante entre as partículas do solo, funcionando como um amortecedor das pressões aplicadas na superfície. Para os corpos de prova com teor de água de 50% CC, a pressão transmitida para subsuperfície não atinge 50 kPa mesmo para a pressão de 250 kPa aplicada na superfície (Figura 9), valor que é ultrapassado na profundidade de 15 cm quando a pressão era aplicada no solo com umidade de 0 e 25% CC, conforme pode ser observado nas Figuras 7 e 8. O teor de água teve importância na atenuação das pressões transferidas, no entanto, o aumento da área de contato foi mais expressivo, para pressões constante, reduzindo a PSS de aproximadamente 100 kPa (Figuras 4, 5 e 6) para 50 kPa (Figuras 7, 8 e 9) na profundidade de 15 cm, quando a pressão aplicada no topo dos corpos de prova era de 250 kPa. Isso pode ser comprovado observando que os valores do coeficiente “b”, das equações de regressão obtidas nos ensaios com o disco de área maior (Tabela 4), são menores do que os das equações obtidas por meio dos ensaios com o disco de área menor (Tabela 3), o que confere uma maior inclinação das curvas, principalmente para as camadas menos espessas, o que significa atenuação das pressões transmitidas.

Diferente de Gubiani et al. (2017), que propôs uma abordagem alternativa, este trabalho adaptou de maneira simples os resultados, tendo boa correlação dos dados de transmissão e umidade por uma regressão a uma curva exponencial. Em um trabalho para área de laranjeiros que não tem ação de maquinário tão intensa como as lavouras de cana-de-açúcar, Fidalski et al. (2015) concluiu que a pressão não teve dependência com teor de água, densidade do solo e teor de carbono quando o mesmo avaliou pressão de consolidação. Porém, estando de acordo com o presente experimento, Santos (2017), em Santa Maria avaliou o suporte de carga relacionando com atributos físicos e químicos, sendo que para sua pesquisa os fatores: fração de argila e potencial matricial de água (umidade do solo); interferiram na capacidade de suporte de carga dos solos estudados em sua pesquisa.

Com o aumento da área de contato a pressão que chega aos horizontes subsuperficiais é menor, devido à melhor distribuição das forças. Segundo Fernandes et al. (2013), a diminuição do prejuízo de compactação é efetivamente obtida quando se reduz a pressão aplicada por unidade de área e eleva-se a área de contato por meio da utilização de esteiras ou de pneus mais largos com menor pressão de inflação. Um exemplo são os pneus radiais de baixa pressão e alta flutuação destinados aos veículos de transporte de cana-de-açúcar e carretas agrícolas que tem como características

maior capacidade de carga com baixas pressões de calibragem, possibilitando o transporte de cargas pesadas em baixas pressões do pneu sobre o solo.

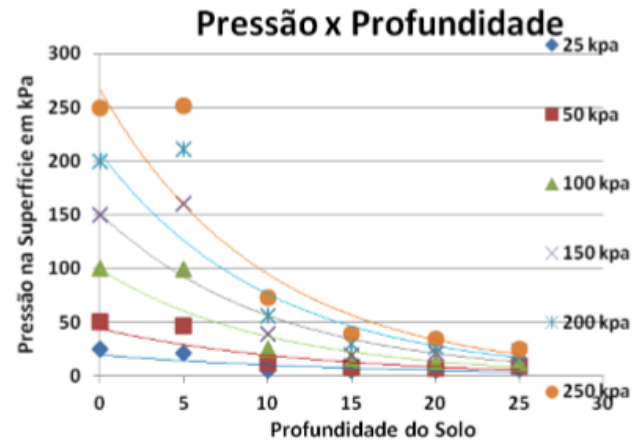


Figura 7. Curvas de regressão para pressão transmitida em função da profundidade para o solo com 0% da capacidade de campo.

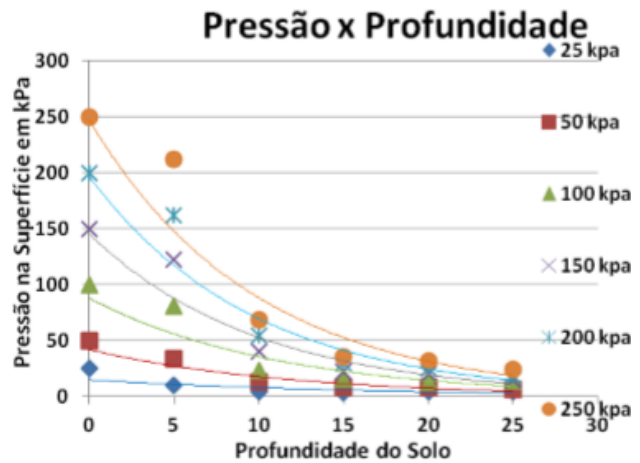


Figura 8. Curvas de regressão para pressão transmitida em função da profundidade para o solo com 25% da capacidade de campo.

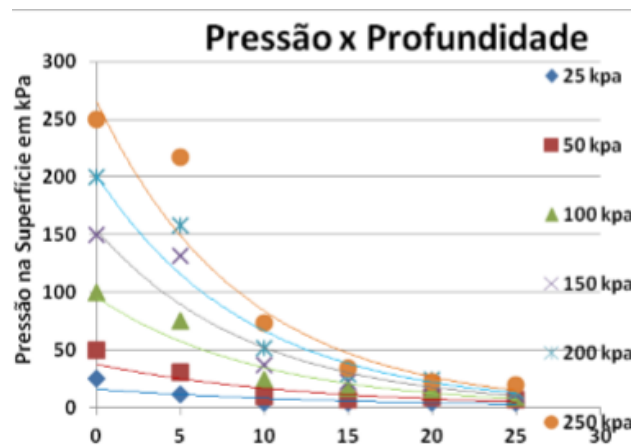


Figura 9. Curvas de regressão para pressão transmitida em função da profundidade para o solo com 50% da capacidade de campo.

Tabela 4. Coeficientes de regressão para Pressão transmitida a subsuperfície em função da profundidade para as 3 umidades com o disco de 20,43 cm².

Umidade (%CC)	Pressão (kPa)	Coeficientes de Regressão		R ²
		a	b	
0%	25	19,549	-0,066	0,6414
	50	44,038	-0,083	0,7543
	100	99,291	-0,099	0,8584
	150	151,27	-0,099	0,8315
	200	207,96	-0,1	0,8674
	250	266,81	-0,103	0,9093
25%	25	15,06	-0,062	0,6338
	50	42,042	-0,085	0,8937
	100	88,143	-0,09	0,8503
	150	145,55	-0,101	0,6244
	200	197,02	-0,104	0,9373
	250	247,49	-0,103	0,9206
50%	25	37,418	-0,069	0,7038
	50	37,418	-0,082	0,8059
	100	95,444	-0,102	0,9456
	150	153,74	-0,109	0,9314
	200	201,34	-0,111	0,9534
	250	265,39	-0,115	0,9376

Conclusões

O aumento da umidade do solo apresenta efeito de amortecimento sobre a pressão transmitida de camadas superiores para subsuperfície. A pressão transmitida para subsuperfície apresenta comportamento exponencial com correlação negativa em função da profundidade, independente da pressão aplicada na superfície. O aumento da área de contato para aplicação de pressões na superfície do solo, atenua a transmissão de pressão para camadas inferiores, quando é comparado à mesma pressão aplicada em áreas menores.

Referências

- CINTRA, F.L.D. Disponibilidade de água no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro. Tese Doutorado 90p. ESALQ/USP. Piracicaba, 1997.
- FIDALSKI, J., CAVALIERI-POLIZELI, K. M. V., TORMENA, C. A., ANGHINONI, G., AULER, P. A. M. Capacidade de Suporte de Carga do Solo em Sistemas de Produção de Laranja Conservacionistas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(3), 880-885, 2015.
- GUBIANI, P. I., REINERT, D. J., REICHERT, J. M., GOULART, R. Z., FONTANELA, E. Excel add-in to model the soil compression curve. *Engenharia Agrícola*, 37(3), 603-610, 2017.
- JACOMINE, P. K. T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: CINTRA, F. L. D., ANJOS, J. L.; IVO, W. M. P. M. Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros, 2001, Aracaju. Anais. Aracaju: EMBRAPA-CPATC. p.19-46, 2001.
- LABEGALINI, N. S.; DAMIÃO, F. N.; ANDRADE, L. Desenvolvimento da cultura do milho sob efeitos de diferentes profundidades de compactação do solo. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 3, n. 4, p. 7-11, 2016.
- LIMA, L. B., 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*, 19(11), 1064-1071, 2015.
- OSWALDO FILHO, J. V., SOUZA, Z. M., SILVA, R. B., LIMA, C. C., PEREIRA, D. M. G., LIMA, M. E., SOUSA, A. C. M., SOUZA, G. S. Capacidade de suporte de carga de Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e efeitos da mecanização no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(4), 322-332, 2015.
- PEREIRA, T. S. Uso de inteligência artificial para estimativa da capacidade de suporte de carga do solo. Dissertação de tese 179 p. (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- REZENDE, J.O., SHIBATA, R. T., SOUZA, L. S. Justificativa e recomendações técnicas para o "plantio direto" dos citros nos Tabuleiros Costeiros; Ênfase na citricultura dos Estados da Bahia e Sergipe. 1. ed. Cruz das Almas, Bahia: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, v. 1. 240p., 2015.
- SANTOS, T. F. Relação entre atributos físicos, químicos, mineralógicos e capacidade de suporte de carga de solos do Rio Grande do Sul. Dissertação

de tese 66 f. (Mestrado em ciência do solo).
Universidade federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

SCHOUERI, A. C. Análise da capacidade de carga de fundação profunda com o uso do pressiômetro no solo do DF. Monografia, 53 p. (Bacharelado em Engenharia Civil e Ambiental) Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

WAGNER, W. A. Efeito da compactação do solo na produtividade da cultura da soja (*Glycine max L.*), 50. Tese de dissertação (Mestrado profissional em Agricultura de Precisão) Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Brasil, 2017.