


## Morphological response of *Crotalaria juncea* L. and *Crotalaria spectabilis* Roth to soil compaction

## Resposta morfológica de *Crotalaria juncea* L. e *Crotalaria spectabilis* Roth à compactação do solo

SANTOS, Daniel Nascimento dos<sup>(1)</sup>; SANTOS, Ilaine Benício dos<sup>(2)</sup>; CAVALCANTE, Julio Cesar Silva<sup>(3)</sup>; BARBOSA, André Luiz Pereira<sup>(4)</sup>; SANTOS, Márcio Aurélio Lins dos<sup>(5)</sup>; SANTOS, Cícero Gomes dos<sup>(6)</sup>

- <sup>(1)</sup>  0009-0004-4389-147X; Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca. Arapiraca, AL, Brasil. [danniell14@gmail.com](mailto:danniell14@gmail.com)  
<sup>(2)</sup>  0009-0004-4797-3296; Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca. Arapiraca, AL, Brasil. [ilainebenicio@gmail.com](mailto:ilainebenicio@gmail.com)  
<sup>(3)</sup>  0009-0001-7825-4882; Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca. Arapiraca, AL, Brasil. [julio.cavalcante@arapiraca.ufal.br](mailto:julio.cavalcante@arapiraca.ufal.br)  
<sup>(4)</sup>  0009-0004-3374-8477; Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca. Arapiraca, AL, Brasil. [andreluiz.agronomia@gmail.com](mailto:andreluiz.agronomia@gmail.com)  
<sup>(5)</sup>  0000-0001-5216-4443; Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca. Arapiraca, AL, Brasil. [mal.santo@arapiraca.ufal.br](mailto:mal.santo@arapiraca.ufal.br)  
<sup>(6)</sup>  0000-0002-2264-6772; Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca. Arapiraca, AL, Brasil. [cgomes@arapiraca.ufal.br](mailto:cgomes@arapiraca.ufal.br)

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

### ABSTRACT

Physical soil degradation due to compaction is a critical process that increases soil density, reduces porosity, and increases mechanical resistance, which can limit crop development. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of increased soil compaction on morphological attributes of *Crotalaria juncea* L. and *Crotalaria spectabilis* Roth, grown in dystrophic Red Argisol. The experiment was conducted in a protected environment using a randomized block design (5 × 2 factorial), with five soil density classes (1.3, 1.4, 1.5, 1.6, and 1.7 Mg m<sup>-3</sup>) and four replicates. Stem diameter, plant height, and number of leaves were evaluated at 15, 30, 45, and 60 DAP, in addition to leaf area at 60 days. The results indicate that plant height was not influenced by soil compaction levels. However, the increase in density from 1.3 to 1.7 Mg m<sup>-3</sup> reduced stem diameter (3.13 to 2.75 mm), the number of leaves (18.94 to 14.30 leaves plant<sup>-1</sup>), and leaf area (411.20 to 278.89 cm<sup>2</sup>). A difference was also observed between the species, with *Crotalaria juncea* showing a greater reduction in biometric variables, while *Crotalaria spectabilis* showed less variation, indicating greater tolerance to compaction conditions. It is concluded that *Crotalaria spectabilis* exhibits greater adaptive capacity to compacted soil and is potentially more suitable for conditions of physical soil restriction.

### RESUMO

A degradação física do solo por compactação é um processo crítico que eleva a densidade, restringe a porosidade e amplia a resistência mecânica, podendo limitar o desenvolvimento das culturas. Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do aumento da compactação do solo sobre atributos morfológicos de *Crotalaria juncea* L. e *Crotalaria spectabilis* Roth, cultivadas em Argissolo Vermelho distrófico. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, em delineamento de blocos casualizados (fatorial 5 × 2), com cinco classes de densidade do solo (1,3; 1,4; 1,5; 1,6 e 1,7 Mg m<sup>-3</sup>) e quatro repetições. Foram avaliados diâmetro do caule, altura de plantas e número de folhas aos 15, 30, 45 e 60 DAP, além da área foliar aos 60 dias. Os resultados indicam que a altura das plantas não foi influenciada pelos níveis de compactação do solo. Entretanto, o aumento da densidade de 1,3 para 1,7 Mg m<sup>-3</sup> reduziu o diâmetro do caule (3,13 para 2,75 mm), o número de folhas (18,94 para 14,30 folhas planta<sup>-1</sup>) e a área foliar (411,20 para 278,89 cm<sup>2</sup>). Observou-se ainda diferença entre as espécies, com *Crotalaria juncea* apresentando maior redução das variáveis biométricas, enquanto *Crotalaria spectabilis* apresentou menor variação, indicando maior tolerância às condições de compactação. Conclui-se que *Crotalaria spectabilis* apresenta maior capacidade adaptativa ao solo compactado, sendo potencialmente mais indicada para condições de restrição física do solo.

### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

#### Histórico do Artigo:

Submetido: 18/03/2026

Aprovado: 12/06/2026

Publicação: 13/06/2026



#### Keywords:

Soil bulk density, compacted layer, crop rotation.

#### Palavras-Chave:

Densidade do solo, camada compactada, rotação de culturas

## Introdução

A compactação do solo é reconhecida como um dos principais processos de degradação física em áreas agrícolas. Esse fenômeno ocorre devido ao rearranjo das partículas sólidas do solo, resultando no aumento da densidade e na diminuição da porosidade total. Como consequência, há elevação da resistência mecânica à penetração, fator que pode restringir o crescimento radicular e comprometer o desenvolvimento vegetativo das plantas (Fu et al., 2025).

As condições de umidade do solo também podem intensificar os efeitos da compactação, pois em ambientes com baixa umidade, o aumento da resistência física dificulta a expansão das raízes no perfil do solo (Schmidt, 2022). Por outro lado, quando o solo apresenta excesso de água, a redução da macroporosidade limita a difusão de oxigênio, prejudicando o processo de respiração radicular. Esses fatores também podem reduzir a infiltração de água no perfil e aumentar a suscetibilidade do solo à erosão (Correia, 2014).

Na avaliação da qualidade física do solo, a densidade do solo é amplamente utilizada como indicador estrutural, por refletir alterações na porosidade e na organização das partículas decorrentes do manejo adotado (Araújo et al., 2012; Stefanoski et al., 2013). Esse atributo é influenciado por fatores como textura, teor de matéria orgânica, mineralogia e atividade biológica, podendo ser alterado pelo tráfego de máquinas e pelo uso intensivo de implementos agrícolas, que favorecem a compactação e a degradação da estrutura do solo (Ohland et al., 2014; Farias et al., 2013).

Como alternativa para reduzir os efeitos do adensamento, a utilização de plantas de cobertura tem sido amplamente recomendada nos sistemas de produção agrícola (Gentsch et al., 2024). Essas espécies contribuem para a melhoria das propriedades físicas do solo por meio da ação do sistema radicular, que favorece a formação de bioporos, além do incremento de matéria orgânica. Adicionalmente, auxiliam na redução da erosão e na recuperação de áreas degradadas, promovendo condições mais favoráveis ao crescimento radicular das culturas subsequentes e contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas produtivos (Carmo et al., 2019).

Além dos benefícios físicos proporcionados pelas plantas de cobertura, essas espécies contribuem para a melhoria das propriedades químicas do solo por meio da ciclagem de nutrientes, da fixação biológica de nitrogênio e do aumento dos teores de matéria orgânica, favorecendo a manutenção da fertilidade e a disponibilização gradual de nutrientes durante a decomposição da biomassa (Fonseca, 2017; Nascente et al., 2015; Sugai et al., 2024). Entre as leguminosas utilizadas para essa finalidade, destacam-se *Crotalaria juncea* L. e *Crotalaria spectabilis* Roth devido à elevada produção de biomassa e à capacidade de acumular nutrientes na parte aérea (Oliveira et al., 2023). Embora pertençam ao mesmo gênero, apresentam

diferenças morfológicas e de crescimento que podem influenciar seu comportamento frente às restrições impostas pela compactação do solo (Pacheco et al., 2015; Fonseca et al., 2023).

Apesar da ampla utilização de espécies de crotalaria como plantas de cobertura e da reconhecida contribuição dessas plantas para a melhoria dos atributos físicos do solo, ainda são limitadas as informações sobre seu comportamento em ambientes submetidos a diferentes níveis de compactação. Além disso, estudos comparando diretamente as respostas de *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis* frente ao aumento da densidade do solo são escassos, o que dificulta a compreensão do potencial de adaptação dessas espécies a condições de impedimento físico.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do aumento da compactação do solo sobre atributos morfológicos de *Crotalaria juncea* L. e *Crotalaria spectabilis* Roth, cultivadas em Argissolo Vermelho distrófico.

## Material e Métodos

O estudo foi conduzido em ambiente controlado nas dependências da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus Arapiraca, no período de 21 de abril a 20 de junho de 2015. A área experimental localiza-se na mesorregião do Agreste alagoano, a 245 m de altitude, sob as coordenadas 9°48'40,3" S e 36°37'19,7" W. Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima regional é do tipo As, caracterizado por regime pluviométrico concentrado entre abril e o início de agosto e estação seca predominante de setembro a março. A precipitação média anual é de 854,27 mm, sendo dezembro o mês de menor índice pluviométrico (Xavier; Dornellas, 2005).

O solo empregado no experimento foi identificado como Argissolo Vermelho distrófico típico, sendo o material coletado nas camadas de 0–20 cm e 20–40 cm na área experimental da UFAL. Após a amostragem, o solo passou por secagem ao ar, desagregação manual e peneiramento em malha de 2 mm para retirada de resíduos vegetais e fragmentos grosseiros. Em seguida, foi retirada amostra representativa de 0,5 kg destinada às análises químicas e físicas, cujos resultados encontram-se apresentados nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1.**  
Resultados referentes à caracterização química do solo utilizado no estudo.

<b>Resultados – Análise Química (0-20 cm e 20-40 cm)</b>											
Prof. (cm)	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S.B.	T	CTC	
		mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>						
0-20	4,10	18	54	0,60	0,40	0,63	4	1,20	1,83	5,20	
20-40	3,90	4	32	0,30	0,10	1,23	3,90	0,56	1,79	4,46	
		Na	Fe	Cu	Zn	Mn	V	m	Na/CTC	PST	M.O.
		mg/dm <sup>3</sup>				%					
0-20	15	179,30	0,80	2,76	4,84	23,10	34,40	1,30	2,70	0,90	
20-40	17	233,50	0,96	2,35	1,80	12,50	68,90	1,70	1,90	0,52	

Nota: Central analítica, (2015).

**Tabela 2.**  
Resultados referentes à caracterização física do solo utilizado no estudo.

<b>Resultados – Análise Física do Solo (0-20 cm e 20-40 cm)</b>						
Prof. (cm)	Areia Fina	Areia Grossa	Areia Total	Argila	Silte	Classe Textural
----- g kg <sup>-1</sup> -----						
0–20	418	467	885	144	14	F. Arenoso
20–40	313	460	773	123	7	F. Arenoso

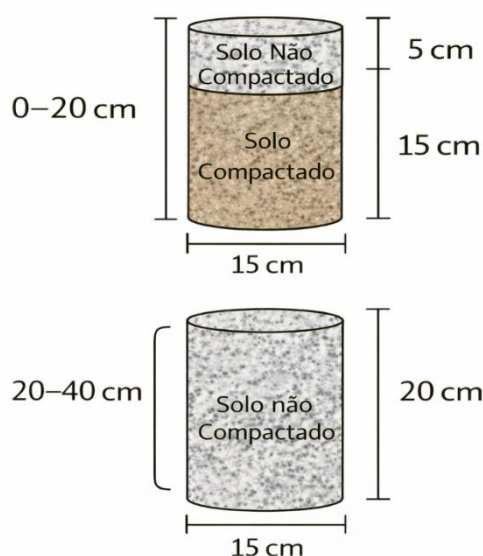
Nota: Central Analítica, (2015).

A condução do experimento seguiu delineamento em blocos casualizados (DBC), utilizando quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial  $5 \times 2$ , envolvendo cinco densidades do solo (1,3; 1,4; 1,5; 1,6 e 1,7 Mg m<sup>-3</sup>) e duas espécies da família Fabaceae. Cada parcela experimental foi composta por duas plantas de *Crotalaria juncea* L. ou *Crotalaria spectabilis* Roth.

As unidades experimentais foram montadas com dois anéis sobrepostos de PVC (20 cm de altura e 15 cm de diâmetro), fixados por meio de fita adesiva Silver Tape. O anel inferior foi preenchido com solo proveniente da camada de 20–40 cm de profundidade, mantendo-se a densidade natural (1,3 Mg m<sup>-3</sup>). No anel superior, utilizou-se solo da camada de 0–20 cm, previamente pesado e compactado segundo os níveis de densidade estabelecidos e conforme os tratamentos propostos (Figura 1).

**Figura 1.**

Representação esquemática das unidades experimentais, detalhando o acondicionamento do solo coletado nas camadas de 0–20 cm e 20–40 cm nos respectivos anéis sobrepostos.



Nota: Autores, (2026).

Para obtenção dos níveis de compactação, a massa de solo necessária para cada tratamento foi calculada a partir do volume da camada compactada, determinado pela equação  $V = \pi r^2 h$ , em que  $r$  corresponde ao raio interno do anel (7,5 cm) e  $h$  à altura da camada compactada (17 cm), resultando em um volume de 3002,62 cm<sup>3</sup>. A massa de solo foi então obtida pela relação  $M = D_s \times V$ , em que  $M$  é a massa de solo (g),  $D_s$  é a densidade desejada (g cm<sup>-3</sup>) e  $V$  é o volume da camada compactada (cm<sup>3</sup>). Dessa forma, foram utilizadas massas aproximadas de 3,9; 4,2; 4,5; 4,8 e 5,1 kg de solo, correspondentes às densidades de 1,3; 1,4; 1,5; 1,6 e 1,7 Mg m<sup>-3</sup>, respectivamente.

A compactação foi realizada com auxílio de prensa hidráulica modelo Charlotte PH5T, preservando-se os 3 cm superficiais do anel superior sem compactação, com o objetivo de favorecer a germinação e o estabelecimento inicial das plântulas. Na base dos vasos, instalou-se tela antiáfidis com malha de 1 mm, fixada com abraçadeiras de nylon. Os níveis de densidade foram estabelecidos a partir da massa de solo calculada para o volume conhecido da camada compactada, não sendo realizada determinação posterior da densidade do solo após a montagem das unidades experimentais.

Não foi realizada correção química do solo, visto que se optou por manter as mesmas características presentes quando em condições de pousio. Essa decisão foi adotada para preservar as condições naturais do solo e permitir a avaliação dos efeitos dos diferentes níveis de compactação sobre o crescimento das espécies estudadas, sem interferência decorrente da aplicação de corretivos ou fertilizantes.

Em 21 de abril de 2015, procedeu-se à semeadura direta nos vasos, sendo que cada unidade experimental recebeu sete sementes. Após a emergência das plântulas, realizou-se o desbaste, permanecendo duas plantas por vaso, selecionadas conforme o vigor e a uniformidade. Até o estabelecimento das plantas (20 dias após a semeadura), foram realizadas irrigações superficiais diárias. Posteriormente, a umidade do solo foi mantida por capilaridade mediante a adição de água aos recipientes posicionados sob os vasos, visando estimular o crescimento radicular através da camada compactada em busca de água e nutrientes. O manejo hídrico foi realizado de forma uniforme em todos os tratamentos.

A mensuração dos parâmetros de crescimento foi realizada aos 15, 30, 45 e 60 dias após o plantio (DAP), sendo avaliados o número de folhas emitidas, o diâmetro caulinar e a altura das plantas. A altura foi determinada no intervalo entre o colo da planta e o ápice da haste principal, enquanto o diâmetro caulinar foi medido 4 cm acima da região do colo, utilizando-se paquímetro digital, com leituras expressas em milímetros (mm). Para a contagem foliar, consideraram-se apenas folhas cuja lâmina central apresentava comprimento mínimo de 3 cm.

Para a variável área foliar (AF), foram realizadas avaliações aos 15, 30, 45 e 60 dias após o plantio (DAP). Nas três primeiras avaliações, a área foliar foi estimada por meio da mensuração do comprimento (C) e da largura (L) da lâmina foliar, utilizando régua milimetrada, sendo posteriormente calculado o produto entre essas variáveis ( $C \times L$ ).

Aos 60 DAP, foram coletadas 200 folhas de *Crotalaria spectabilis* para determinação da área foliar real por meio de integrador de área foliar LI-COR, modelo LI-3100, com resultados expressos em  $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ . A partir desses dados, ajustou-se um modelo de regressão linear entre a área foliar determinada pelo integrador (variável dependente) e o produto entre o comprimento (C) e a largura (L) dos folíolos (variável independente), obtendo-se a equação utilizada para estimativa da área foliar da espécie. Para *Crotalaria juncea*, a estimativa da área foliar foi realizada utilizando o modelo proposto por Cardozo et al. (2011). As equações utilizadas para estimativa da área foliar de *C. spectabilis* e *C. juncea* são apresentadas nas Equações 1 e 2, respectivamente.

$$AF (Crotalaria spectabilis) = 0,6837 \times (C \times L) + 0,4275 \mid R^2 = 0,9781 \quad (1)$$

$$AF (Crotalaria juncea) = 0,7160 \times (C \times L) \mid R^2 = 0,9712 \quad (2)$$

Onde:

- AF = área foliar;
- C = comprimento do folíolo;
- L = largura do folíolo.

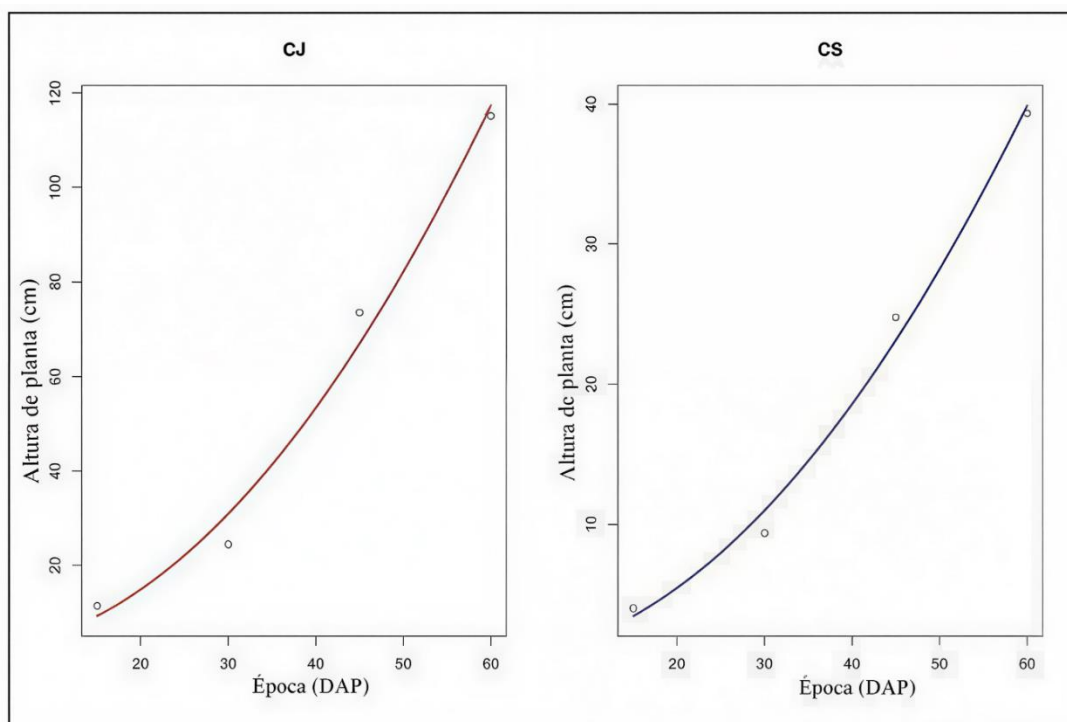
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o software estatístico R, adotando-se nível de significância de 5%.

## Resultados e Discussão

### *Altura de Plantas*

Considerando a variável altura de plantas, não foi observado efeito significativo dos níveis de compactação do solo ( $p > 0,05$ ) para as duas espécies avaliadas. Entretanto, verificou-se efeito significativo da época de avaliação sobre o crescimento das plantas ( $p < 0,001$ ), sendo os dados adequadamente descritos por modelos quadráticos. Para *Crotalaria juncea*, o modelo ajustado apresentou coeficiente de determinação de  $R^2 = 0,9466$  e valor de  $F = 683,00$ , enquanto para *Crotalaria spectabilis* foram obtidos  $R^2 = 0,9601$  e  $F = 926,48$ . Ao final do período experimental (60 DAS), *C. juncea* atingiu altura média de 115,12 cm, enquanto *C. spectabilis* apresentou média de 39,35 cm, evidenciando o maior porte da primeira espécie (Figura 2).

**Figura 2.**  
Altura de plantas de *C. juncea* e *C. spectabilis* em função do adensamento do solo aos 15, 30, 45 e 60 DAP.



Nota: Autores, (2015).

Ao avaliarem o comportamento do trigo sob estresse compressivo, Mondal e Chakraborty (2023) constataram que o crescimento em altura foi severamente prejudicado, especialmente em densidades próximas a  $1,8 \text{ Mg m}^{-3}$ . Segundo os autores, esse fenômeno decorre da barreira física que impede a exploração radicular e, por consequência, limita a parte aérea. Esse efeito está associado à limitação do suprimento hídrico-nutricional, além da redução na taxa fotossintética e na transpiração, refletindo em menor expansão celular e desenvolvimento vegetativo.

No entanto, o resultado obtido não corrobora os achados de Paludo et al. (2014), que observaram influência significativa da compactação imposta pelo solo sobre a altura de plantas na cultura do feijão-de-porco. De maneira semelhante, Farias et al. (2013) também registraram redução significativa na altura de plantas à medida que houve elevação da densidade do solo, com decréscimo de 51,07% entre o menor e o maior nível de compactação aos 33 dias logo após a emergência.

Resultados distintos foram relatados por Zhu et al. (2024), que verificaram redução da altura das plantas com o aumento da densidade do solo. Segundo os autores, a compactação limitou o aprofundamento radicular e a absorção de água e nutrientes, comprometendo o crescimento vegetal. Esses resultados sugerem que a resposta das espécies à compactação pode variar conforme as condições avaliadas e as características adaptativas de cada espécie.

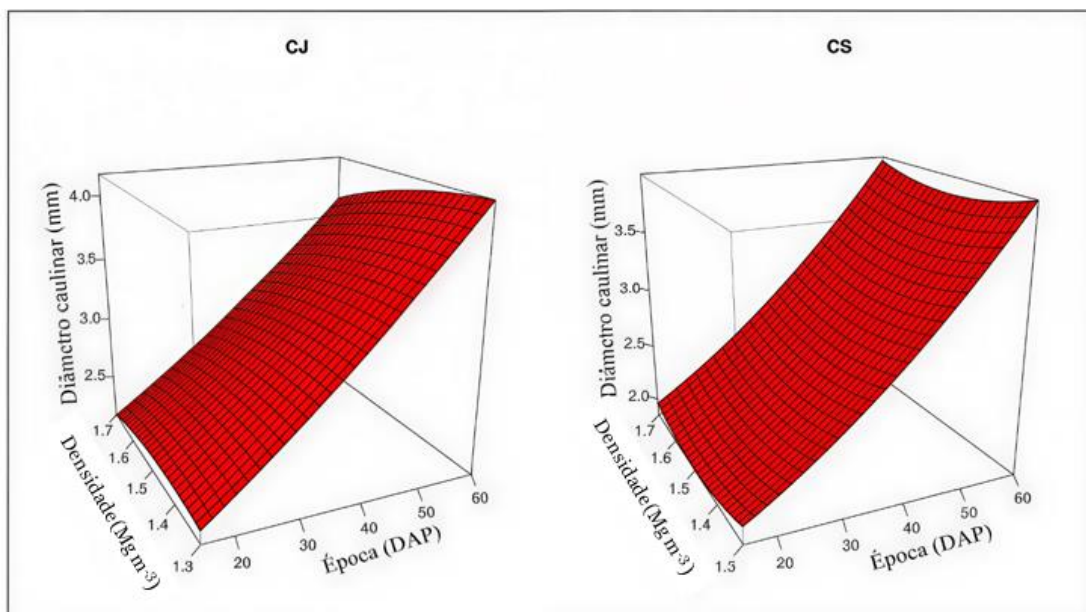
### **Diâmetro caulinar**

Foi observado efeito significativo da compactação do solo sobre o diâmetro caulinar das espécies avaliadas ( $p < 0,001$ ). Os modelos ajustados apresentaram elevado ajuste aos dados observados, com coeficientes de determinação de  $R^2 = 0,9227$  ( $F = 176,76$ ) para *Crotalaria juncea* e  $R^2 = 0,9330$  ( $F = 206,21$ ) para *Crotalaria spectabilis*. Observou-se diferença de resposta entre as espécies, indicando comportamento distinto frente ao aumento da densidade do solo.

Em *Crotalaria juncea*, verificou-se redução do diâmetro caulinar com o aumento da compactação, sendo os efeitos mais evidentes a partir da densidade de  $1,5 \text{ Mg m}^{-3}$ . Esse comportamento pode estar relacionado à maior resistência mecânica do solo, que dificulta a expansão do sistema radicular e reduz a absorção de água e nutrientes. Como consequência, ocorre menor crescimento da parte aérea, refletindo diretamente no desenvolvimento do caule.

Em *Crotalaria spectabilis*, verificou-se redução do diâmetro caulinar até a densidade de  $1,5 \text{ Mg m}^{-3}$ . Entretanto, em níveis mais elevados de compactação, as plantas apresentaram desempenho relativamente superior, indicando possível capacidade de adaptação às condições físicas impostas pelo solo. Esse comportamento pode estar relacionado à habilidade do sistema radicular em explorar microporos, permitindo a transposição parcial da camada mais compactada, característica que pode ter favorecido a absorção hídrica e nutricional, contribuindo para a manutenção do crescimento mesmo sob maior restrição mecânica (Figura 3).

**Figura 3.** Diâmetro caulinar de *C. juncea* e *C. spectabilis* em função do adensamento do solo aos 15, 30, 45 e 60 DAP.



Nota: Autores, (2015).

Segundo os resultados apresentados por Cavalcante et al. (2025), em estudo com *Stylosanthes* cv. Campo Grande, verificou-se que a elevação da compactação utilizada promoveu modificações significativas na variável diâmetro do caule, sendo esse comportamento associado às restrições físicas que comprometem o alongamento e a ramificação das raízes. Os autores verificaram que a limitação do crescimento radicular prejudicou a absorção hídrica e de nutrientes, reduzindo o suprimento de recursos essenciais ao desenvolvimento vegetal e, conseqüentemente, o acúmulo de biomassa nos tecidos caulinares.

Almeida et al. (2021), ao estudarem como a compactação interfere diretamente na biometria e na arquitetura aérea e radicular do milho, observaram que a elevação da densidade promoveu redução no diâmetro do colmo. As restrições impostas pela camada compactada elevaram a resistência mecânica do solo, limitando o aprofundamento do sistema radicular e, conseqüentemente, aquisição de recursos hídricos e minerais. Essa limitação no suprimento de recursos comprometeu o desenvolvimento vegetativo da cultura, refletindo diretamente no menor espessamento estrutural do colmo.

Esses resultados contradizem os obtidos por Pacheco et al. (2014), que, ao avaliarem a resposta da *Crotalaria spectabilis* à compactação em experimento conduzido em um Latossolo, observaram que a elevação da densidade promoveu restrições severas ao seu desenvolvimento vegetativo. No estudo citado, o solo utilizado foi previamente corrigido e adubado, e foram empregados três anéis sobrepostos, com 15 cm de altura cada. Essa configuração favoreceu o estabelecimento das plantas na camada superior do vaso, reduzindo a necessidade de exploração da camada compactada localizada logo abaixo.

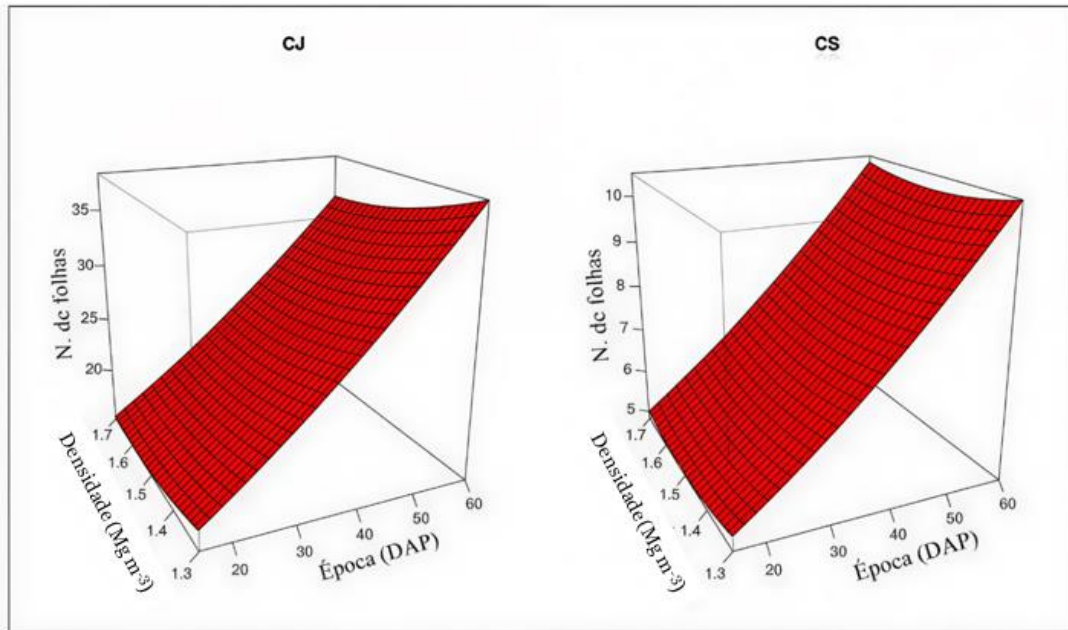
### **Número de folhas**

Com relação à variável número de folhas, observou-se efeito significativo dos fatores avaliados ( $p < 0,001$ ), com modelos apresentando coeficientes de determinação de  $R^2 = 0,9220$  ( $F = 174,98$ ) para *Crotalaria juncea* e  $R^2 = 0,9214$  ( $F = 173,48$ ) para *Crotalaria spectabilis*. De modo geral, o número de folhas aumentou ao longo do período experimental em ambas as espécies, acompanhando o crescimento vegetativo das plantas. Entretanto, em *Crotalaria juncea* observou-se tendência de redução da emissão foliar sob os maiores níveis de compactação, especialmente nos estágios mais avançados de desenvolvimento.

Para *Crotalaria spectabilis*, observou-se comportamento distinto, com manutenção do número de folhas entre os diferentes níveis de compactação e incremento progressivo ao longo das avaliações. Esse resultado sugere maior tolerância da espécie às restrições físicas impostas pelo solo, permitindo a continuidade do crescimento vegetativo mesmo sob condições de maior densidade (Figura 4).

**Figura 4.**

Número de folhas de *C. juncea* e *C. spectabilis* em função do adensamento do solo aos 15, 30, 45 e 60 DAP.



Nota: Autores, (2015).

Esse comportamento pode ser atribuído à resistência física imposta pela compactação do solo, que limita a expansão radicular e, conseqüentemente, reduz a capacidade de absorção de água e nutrientes essenciais ao crescimento vegetal. Embora a emissão de folhas tenha aumentado com o avanço do ciclo, as maiores densidades do solo tenderam a restringir esse incremento, principalmente em *C. juncea*, espécie que apresentou maior crescimento vegetativo ao longo do experimento.

Comportamento semelhante foi verificado por Santos et al. (2025), que, ao pesquisarem diferentes níveis de compactação em *Crotalaria juncea*, constataram redução no número de folhas à medida que ocorreu o aumento do adensamento do solo. De acordo com os autores, o adensamento das camadas superficiais cria um impedimento mecânico que limita a expansão radicular, resultando em restrições ao desenvolvimento vegetativo e menor vigor da parte aérea.

Ao analisarem o crescimento inicial do milho cultivado em solos de textura arenosa e argilosa sob distintos níveis de compactação, Souza e Gomes (2025) constataram que a variável número de folhas permaneceu estável, variando entre seis e sete no período avaliado, sem influência significativa do tipo de solo ou da densidade adotada. Para os autores, nas fases iniciais do ciclo, a cultura demonstra menor sensibilidade às alterações físicas do solo, evidenciando que a emissão foliar, nesse estágio, tende a não responder de maneira expressiva às variações na compactação.

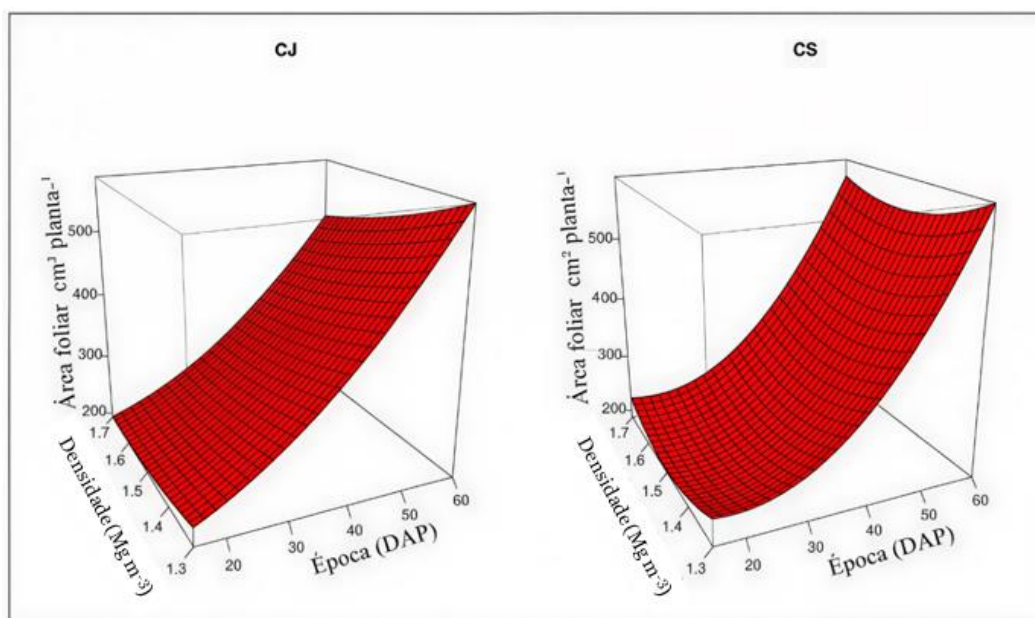
Considerando as duas espécies, é importante destacar as diferenças de porte e de demanda por recursos durante o desenvolvimento. Por apresentar crescimento mais vigoroso, *Crotalaria juncea* tende a exigir maior suprimento hídrico e nutricional, tornando-se potencialmente mais sensível aos efeitos da compactação do solo. Nessas condições, a limitação da expansão radicular pode comprometer a absorção e o transporte de água e nutrientes para a parte aérea, refletindo diretamente na emissão e manutenção das folhas.

### Área foliar

Com relação à variável área foliar, verificou-se influência significativa da compactação do solo em ambas as espécies analisadas ( $p < 0,001$ ). Os modelos ajustados apresentaram coeficientes de determinação de  $R^2 = 0,8446$  ( $F = 80,44$ ) para *Crotalaria juncea* e  $R^2 = 0,9500$  ( $F = 281,43$ ) para *Crotalaria spectabilis*. De modo geral, *C. juncea* apresentou maior redução da área foliar em resposta ao aumento dos níveis de compactação. Para *C. spectabilis*, observou-se menor incremento dessa variável nas avaliações iniciais, o que pode estar relacionado ao crescimento mais lento da espécie durante os primeiros estádios de desenvolvimento (Figura 5).

**Figura 5.**

Área foliar de *C. juncea* e *C. spectabilis* em função do adensamento do solo aos 15, 30, 45 e 60 DAP.



Nota: Autores, (2015).

Embora o fornecimento de água tenha sido realizado diariamente, mantendo condições hídricas semelhantes entre os tratamentos, observou-se redução da área foliar com o aumento da densidade do solo. Esse resultado sugere que a compactação pode ter limitado o crescimento

das plantas, refletindo diretamente na expansão da superfície foliar.

Resultados semelhantes foram observados por Carneiro et al. (2018), que, ao avaliarem o crescimento inicial da cultura do milho submetida a diferentes intensidades e profundidades de compactação do solo, verificaram redução da área foliar das plantas, principalmente quando a camada compactada estava localizada nas porções superficiais do solo. Da mesma forma, Lima et al. (2010) constataram que a resistência mecânica do solo à penetração influenciou diretamente o índice de área foliar e a altura do feijoeiro, com reduções de 46,51% e 59,00%, respectivamente.

Resultados apresentados por Cavalcante et al. (2025) também demonstram que níveis mais elevados de compactação comprometem o crescimento vegetativo das plantas, refletindo diretamente no desenvolvimento da parte aérea. Segundo os autores, o aumento da resistência física do solo pode reduzir o desenvolvimento vegetal e limitar o aproveitamento dos recursos disponíveis no ambiente.

## **Conclusão**

Observou-se que a altura das espécies avaliadas não é limitada pelo adensamento do solo até os 60 dias após o plantio. No entanto, o incremento da densidade do solo provoca reduções no diâmetro do caule, bem como na área foliar e no número de folhas da *Crotalaria juncea*, evidenciando sua maior sensibilidade ao impedimento mecânico.

A espécie *Crotalaria spectabilis* destacou-se por manter um bom desenvolvimento mesmo em condições críticas, demonstrando maior capacidade de adaptação diante dessas condições. Apesar do crescimento inicial mais lento, esta espécie suporta níveis de compactação de até 1,7 Mg m<sup>-3</sup>, indicando potencial para utilização em sistemas de rotação voltados à melhoria da estrutura física do solo.

## **REFERÊNCIAS**

- Almeida, M. S.; Cunha, M. B. M.; Oliveira, M. S.; Gomes, K. J. S.; Paz, J. A. A. S.; Carneiro, M. V. B.; Silvestre, F. E. R. (2021). Soil compaction and the effects on initial corn growth. *Ciência Agrícola*, Rio Largo, 19 (2), 95-100.  
<https://ufal.emnuvens.com.br/revistacienciaagricola/article/download/11472/9065>
- Araújo, E. A.; Ker, J. C.; Neves, J. C. L.; Lani, J. L. (2012). Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava, 5 (1), 187-206.  
<https://revistas3.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/PAeT.V5.N1.12/1686>

- Cardozo, N. P.; Parreira, M. C.; Amaral, C. L.; Alves, P. L. C. A.; Bianco, S. (2011). Estimativa da área foliar de *Crotalaria juncea* L. a partir de dimensões lineares do limbo foliar. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 27 (6), 902–907.  
<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/12123/8115>
- Carmo, E. V. B.; Santiago, M. S. T.; Araruna, L. A. A.; Nascimento, R. R. A.; Soares, M. M.; Costa, T. R. S. (2019). Efeito do cultivo de leguminosas na compactação do solo em Areia - PB. *XV Semana de Agronomia*, Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 15, 5.  
<https://ufal.emnuvens.com.br/era/article/download/9216/6620>
- Carneiro, K. A. A.; Oliveira, F. P.; Araujo, M. C. S. P.; Fernandes, L. F.; Abrantes, E. G.; Vendruscolo, J. (2018). Influência da compactação do solo no crescimento de milho (*Zea mays* L.) em Latossolo Vermelho-Amarelo. *Colloquium Agrariae*, 14 (4), 88-98.  
<https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2445/2596>
- Cavalcante, J. C.; Santos, I. B.; Calixto, J. C. C.; Souza, E. A.; Santos, M. A. L.; Santos, C. G. (2025). Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo radicular da *Stylosanthes* cv. Campo Grande. *Diversitas Journal*, Santana do Ipanema, 10 (3), 1019-1033. <https://doi.org/10.48017/dj.v10i3.3382>
- Correia, F. R. (2014). *Avaliação do estado de compactação do solo em área de agricultura e de floresta de eucalipto*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade de Brasília, Brasília, 29.  
[https://bdm.unb.br/bitstream/10483/8601/1/2014\\_FernandaRitaCorreia.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/8601/1/2014_FernandaRitaCorreia.pdf)
- Farias, L. N.; Silva, E. M. B.; Souza, W. P.; Vilarinho, M. K. C.; Silva, T. J. A.; Guimarães, S. L. (2013). Características morfológicas e produtivas de feijão guandu anão cultivado em solo compactado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 17 (5), 497-503. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000500005>
- Fonseca, J. S. (2017). *Plantas de cobertura e sua influência nas propriedades físicas do solo e no rendimento de culturas estivais*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola), Instituto Federal Farroupilha, Alegrete, 46.  
<https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/1927/1/Juliane%20Silveira%20Fonseca%20-%202017.pdf>
- Fonseca, W. S.; Martins, S. V.; Villa, P. M. (2023). Green Manure as an Alternative for Soil Recovery in a Bauxite Mining Environment in Southeast Brazil. *Floresta e Ambiente*, 30, e20220041. <https://doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2023-0041>
- Fu, M.; Peng, X.; Zhang, Z.; Peng, X. (2025). Responses of root hairs to soil compaction: a review. *Plant Science*, 355, 112461. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2025.112461>
- Gentsch, N.; Riechers, F. L.; Boy, J.; Schweneker, D.; Feuerstein, U.; Heuermann, D.; Guggenberger, G. (2024). Cover crops improve soil structure and change organic

- carbon distribution in macroaggregate fractions. *SOIL*, 10 (1), 139-150.  
<https://doi.org/10.5194/soil-10-139-2024>
- Lima, C. L. R.; Reinert, D. J.; Reichert, J. M.; Suzuki, L. E. A. S. (2010). Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 45 (1), 89-98.  
<https://www.scielo.br/j/pab/a/DVB3LxF3hyCwYMSqZhxNqJx/?format=pdf&lang=pt>
- Mondal, S.; Chakraborty, D. (2023). Root growth and physiological responses in wheat to topsoil and subsoil compaction with or without artificial vertical macropores. *Heliyon*, 9, e18834. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18834>
- Nascente, A. S.; Stone, L. F.; Crusciol, C. A. C. (2015). Plantas de cobertura afetando as propriedades químicas do solo. *XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Natal, 1, 4. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1023967/1/CBSC.pdf>
- Ohland, T.; Lana, M. C.; Frandoloso, J. F.; Rampim, L.; Bergmann, J. R.; Cabreira, D. T. (2014). Influência da densidade do solo no desenvolvimento inicial do pinhão-mansão cultivado em Latossolo Vermelho eutroférico. *Revista Ceres*, Viçosa, 61 (5), 622-630.  
<https://doi.org/10.1590/0034-737X201461050004>
- Oliveira, M. W.; Bhatt, R.; Santos, D. F.; Patrício, C. A.; Assis, W. O.; Gava, G. J. C.; Lopes, K. A. S. (2023). Growth Rates and Nutrient Accumulation in Aerial Biomass of Sunn Hemp *Juncea* and *Spectabilis* Sown in Spring. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 16 (9), 14183-14199. <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.9-020>
- Pacheco, L. P.; Moreira, A. B.; Almeida, D. L.; Santos, P. V.; Palma, R. C. F. (2014). O efeito da compactação do solo nas características morfológicas de plantas de *Crotalaria spectabilis* cultivadas em Latossolo vermelho de cerrado. *XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA)*, Campo Grande.  
<https://conbea14.sbea.org.br/2014/anais/RO454-1.pdf>
- Pacheco, L. P.; São Miguel, A. S. D. C.; Bomfim-Silva, E. M.; Souza, E. D.; Silva, F. D. (2015). Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, 45 (4), 464-472.  
<https://doi.org/10.1590/1983-40632015v45i38107>
- Paludo, J. T. S.; Silva, E. M. B.; Silva, T. J. A. (2014). Compactação do solo no desenvolvimento do feijão-de-porco em Latossolo do cerrado. *XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA)*, Campo Grande.  
<https://eventossilos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/134.pdf>
- Schmidt, M. R. (2022). *Diagnóstico do estado de compactação e descompactação em solos sob plantio direto no Centro-Sul do Paraná*. Tese (Doutorado em Ciência do Solo),

- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 150.  
<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/247598/001147388.pdf>
- Santos, I. B.; Cavalcante, J. C. S.; Silva, J. O.; Silva, S. G.; Calixto, J. C. C.; Santos, C. G. (2025). Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular da *Crotalaria juncea* L. *Diversitas Journal*, Santana do Ipanema, 10 (2), 659-676.  
<https://doi.org/10.48017/dj.v10i2.3383>
- Souza, I. A.; Gomes, L. P. (2025). Como a compactação do solo afeta o crescimento inicial do milho em solos com diferentes texturas. In: Excelência técnica e sustentabilidade nas Ciências Agrárias 4. *Ponta Grossa: Atena Editora*, Cap. 3, 29-46.  
<https://doi.org/10.22533/at.ed.231142514043>
- Stefanoski, D. C.; Santos, G. G.; Marchão, R. L.; Petter, F. A.; Pacheco, L. P. (2013). Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 17 (12), 1301-1309.  
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001200008>
- Sugai, J.; Takashima, N.; Muto, K.; Kaku, T.; Nakayama, H.; Asagi, N.; Komatsuzaki, M. (2024). Effects of cover crops on soil inorganic nitrogen and organic carbon dynamics in paddy fields. *Agriculture*, 14 (12), 2365.  
<https://doi.org/10.3390/agriculture14122365>
- Xavier, R. A.; Dornellas, P. C. (2005). Análise do comportamento das chuvas no município de Arapiraca, região Agreste de Alagoas. *Geografia*, Londrina, 14 (2), 49-64.  
<https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/download/6685/6030>
- Zhu, X.; Peng, W.; Xie, Q.; Ran, E. (2024). Effects of soil compaction stress combined with drought on soil pore structure, root system development, and maize growth in early stage. *Plants*, Basel, 13 (22), 3185. <https://doi.org/10.3390/plants13223185>