

# ÍNDICE DE QUALIDADE FÍSICA DE UM NEOSSOLO REGOLÍTICO SOB CULTIVO COM PLANTAS DE COBERTURA

## ÍNDICE DE CALIDAD FÍSICA DE UN NEOSOL REGOLÍTICO BAJO CULTIVO CON PLANTAS DE COBERTURA

### SOIL PHYSICAL QUALITY INDEX OF AN INCEPTISOL CULTIVATED WITH COVER CROPS

Gislaine dos Santos Nascimento\*  
gislaynesantos30@gmail.com

Tancredo Augusto Feitosa de Souza\*\*  
tancredo\_agro@hotmail.com

\*Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró/RN, Brasil

\*\*Universidade Federal da Paraíba, Areia/PB, Brasil

---

#### Resumo

Nos sistemas de produção, o uso de práticas conservacionistas (i.e., adubação verde, cobertura de solo) têm proporcionado aos solos agrícolas inúmeros benefícios, sendo os atributos do solo caracterizados como importantes bioindicadores. Neste contexto, objetivou-se com este estudo avaliar a qualidade física de um Neossolo Regolítico em função do manejo a longo prazo com uso de plantas de cobertura. Para tanto, foi estabelecido um experimento, em condições de campo, em delineamento em blocos ao acaso, com dez tratamentos e três blocos. Foram realizadas coletas de solo com estruturas indeformadas entre as camadas de 0,0-0,10 e 0,11-0,20 m para avaliação da densidade, porosidade total, microporosidade, macroporosidade e índice de qualidade física do solo. Na camada de 0,0-0,10 m foram observados maiores valores de microporosidade e porosidade total, e menores para a densidade do solo na camada de 0,11-0,20 m. Dentre as espécies estudadas, presume-se que a qualidade física do solo seja maior em áreas com cultivo de *B. decumbens*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, *C. Juncea* e *M. pruriens*.

PALAVRAS CHAVE: Bioindicadores do solo. Adubação orgânica. Práticas conservacionistas.

#### Resumen

En los sistemas de producción, el uso de prácticas de conservación, como el abono verde, ha proporcionado muchos beneficios a los suelos agrícolas, y los atributos del suelo se caracterizan como bioindicadores importantes. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la calidad física de un Inceptisol en función del manejo a largo plazo utilizando abonos verdes. Para ello, se estableció un experimento de diseño de bloques aleatorios con tratamientos de campo, con diez tratamientos distribuidos en tres bloques. Se recolectaron muestras de suelo con estructuras no deformadas entre capas de 0.0-0.10 y 0.11-0.20 m para evaluar la densidad, porosidad total, microporosidad, macroporosidad e índice de calidad física del suelo. Entre la capa de 0,0-0,10 m, se observaron valores más altos de microporosidad y porosidad total, y valores más bajos para la densidad del suelo en la capa de 0,11-0,20 m. Entre las especies estudiadas, se supone que la calidad física del suelo es mayor en áreas con *B. decumbens*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, *C. juncea* y *M. pruriens*.

PALABRAS CLAVE: Bioindicadores del suelo. Fertilización orgánica. Prácticas de conservación.

#### Abstract

In production systems, the use of conservation practices, such as green manure has provided many benefits to agricultural soils, and soil attributes are characterized as important

bioindicadores. In this context, the aim of this study was to evaluate the physical quality of an Inceptisol as a function of long-term management using green manures. A randomized block design experiment was established, with ten treatments distributed in three blocks. Soil samples with undeformed structures were collected between 0.0-0.10 and 0.11-0.20 m layers to evaluate the density, total porosity, microporosity, macroporosity, and soil physical quality index. The higher values of microporosity and total porosity were observed in the 0.0-0.10 m layer, while lower values for soil density were found in the 0.11-0.20 m layer. Among the species studied, it is assumed that the soil physical quality is higher in areas cultivated with *B. decumbens*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, *C. Juncea*, and *M. pruriens*.

KEYWORDS: Soil bioindicadores; organic fertilization; Conservation practices.

## 1. Introdução

A agricultura brasileira conseguiu durante os últimos anos, grande avanço tecnológico, resultando em incrementos na produtividade e na melhoria das condições ambientais (BORGES et al., 2016). Em sistemas de produção, a incorporação de plantas com aptidão para adubação verde tem afetado positivamente a dinâmica da água e a qualidade dos solos agricultáveis (YANG et al., 2019), devido às inúmeras características agrônômicas que apresentam. Tais alterações são consequências da alta produção de biomassa tanto da parte aérea quanto radicular, que ao serem incorporadas atuam como condicionadores do solo (NASCENTE; STONE; CRUSCIOL, 2015).

Em razão de seus inúmeros benefícios, às plantas de cobertura foram introduzidas como importantes dentro das práticas de conservação do solo, sendo comumente utilizados em sistema de plantio direto, como plantas antecessoras ou cultivadas em consórcios com espécies anuais. Nas propriedades físicas, Yang et al. (2012) destacou seus efeitos positivos na redução da densidade aparente, no aumento da porosidade total, retenção de umidade e formação de agregados estáveis.

Dentro deste contexto, este estudo baseou-se na seguinte hipótese: as espécies de adubos verdes que apresentam sistema radicular superficial e subsuperficial afetarão de forma diferenciada as propriedades físicas do solo, nas camadas de 0,0-0,10 m e 0,11-0,20 m, respectivamente. Pois, de acordo com os estudos desenvolvidos por Nascente e Stone (2018) e Çerçioğlu et al. (2019), espera-se encontrar variação nas características físicas do solo em função do uso de diferentes espécies de plantas com aptidão para adubação verde. Por outro lado, os teores de carbono orgânico total observados nas parcelas cultivadas com essas plantas poderão proporcionar diferenças entre as camadas de solo avaliadas, assim como observado por Teixeira et al. (2016).

Dessa forma, a caracterização das propriedades físicas do solo é importante para determinar a qualidade dos sistemas agrícolas de regiões como o Brejo paraibano, assim como o entendimento dos efeitos causados por essas plantas sobre as características do solo, já que, nessas áreas é comum o uso excessivo dos recursos naturais, tornando os solos pobres em nutrientes e com baixa qualidade física.

Diante disto, objetivou-se com este estudo avaliar a qualidade física de um Neossolo Regolítico em áreas sob manejo a longo prazo com uso de adubos verdes.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Caracterização da área experimental

O experimento de campo de longa duração (5 anos) foi conduzido na Estação Experimental Chã-de-Jardim, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB), localizado na Mesorregião do Agreste paraibano a 06° 57' 30" S e 35° 45' 33,8" W e 560 m de altitude. O clima da região é do tipo As', de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, com precipitação e temperatura

média anual de 1330 mm e 22,5 °C, respectivamente (SILVA et al., 2019). Os dados mensais referentes a temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e insolação foram obtidos junto à Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (figura 1).

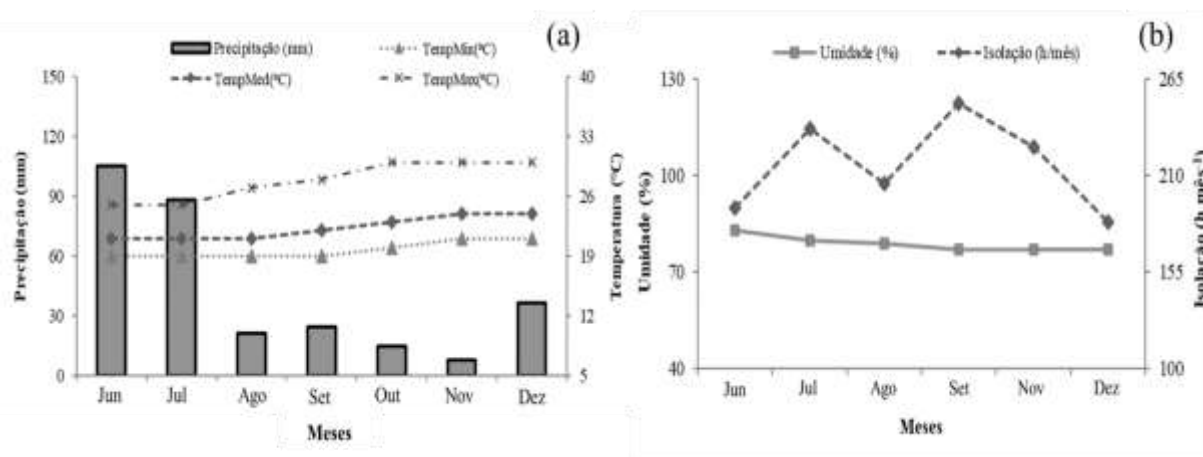


Figura 1. Dados da precipitação pluviométrica (mm), temperatura máxima (Temp. Máx., °C), média (Temp. Med., °C) e mínima (Temp. Min., °C) (a), umidade relativa e taxa de insolação (b), verificadas durante o período de realização do experimento, no ano de 2018.

## 2.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados, com dez tratamentos distribuídos em três blocos, perfazendo um total de 30 parcelas. Os tratamentos consistiram de nove espécies de adubos verdes (*Crotalaria Spectabilis* Roth, *C. Juncea* L., *C. ochroleuca* G. Don, *Canavalia ensiformes* L. Don, *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* L., *Stizolobium aterrimum* L., *Neonotonia wightii* L., *Pennisetum glaucum* L.R.Br.) e uma parcela testemunha (vegetação espontânea + *Brachiaria decumbes* Stapf. cv. Basilisk). As unidades experimentais (24 m<sup>2</sup>) foram compostas por oito linhas, com espaçamento de 0,50 x 0,10 m. Os blocos foram espaçados a 1 m e as parcelas a 0,50 m.

## 2.3. Atributos edáficos, preparo da área e plantio

O solo da área foi classificado como Neossolo Regolítico Psamítico, de textura Franco-Arenosa (EMBRAPA, 2018), cujos atributos químicos de amostras coletadas entre as camadas de 0,0-0,10 e 0,11-0,20 m, em cada parcela, encontram-se detalhados na tabela 1. A área experimental recebeu preparo inicial para realização da semeadura, com capinas manuais. A semeadura foi realizada a uma profundidade de 5 cm, em fileiras simples, com densidade de semeio calculada conforme Lima Filho et al. (2014). Os tratos culturais foram realizados com frequências para remoção da vegetação espontânea. Quando em estágio de maturação, toda biomassa produzida acima do solo foi cortada, acamada e incorporada ao solo para coleta dos atributos edáficos.

Tabela 1. Caracterização química das parcelas cultivadas com diferentes espécies de adubos verdes, no Brejo Paraibano, PB.

Espécies	pH	N	P	CO	pH	N	P	CO
	(H <sub>2</sub> O)	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	(H <sub>2</sub> O)	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>3</sup>	g kg <sup>-1</sup>
	0,0-0,10 m				0,10-0,20 m			
<i>B. decumbens</i>	5,91	0,68	14,59	7,71	5,6	0,8	13,9	6,2
<i>P. glaucum</i>	5,72	0,61	13,02	7,96	5,49	0,81	10,36	8,52

<i>C. ochroleuca</i>	5,66	1,08	12,67	8,32	5,45	0,69	12,07	7,08
<i>M. pruriens</i>	5,46	0,69	9,69	8,72	5,26	0,73	10,77	8,74
<i>S. aterrimum</i>	5,52	0,83	11,90	9,34	5,36	0,76	5,55	7,04
<i>C. ensiformes</i>	5,70	0,77	18,26	8,32	5,38	0,68	12,98	7,20
<i>N. wightii</i>	5,3	0,9	9,8	4,0	5,19	0,85	8,98	4,70
<i>D. lablab</i>	5,56	0,77	17,98	4,91	5,60	0,68	12,93	6,69
<i>C. spectabilis</i>	5,73	0,54	16,90	6,45	5,51	0,70	9,18	5,43
<i>C. juncea</i>	5,56	0,81	14,34	6,34	5,51	0,75	14,36	6,40

N - Nitrogênio total; P - fósforo total; CO - carbono orgânico.

## 2.4. Coleta de solo

Para a caracterização das propriedades físicas do solo foram coletadas amostras com estruturas indeformadas, durante o período de pós-incorporação dos adubos verdes (145 DAI), utilizando anéis metálicos de dimensões 5x5 cm, sendo oito amostragens por parcela, quatro na camada de 0,0-0,10 m e quatro na de 0,11-0,20 m, totalizando 240.

## 2.5. Variáveis analisadas

Foram avaliadas densidade do solo, porosidade total, micro e macroporosidade e o Índice de Qualidade física do Solo (IQF). A densidade do solo foi determinada pelo método do cilindro, assim como proposto por Grossman e Reinsch (2002). O volume de poros totais foi calculado pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo seco em estufa à 105°C, durante um período de 48 horas. Enquanto que a microporosidade foi determinada pelo método da mesa de tensão a uma pressão de 60 kPa e por diferença, determinou-se a macroporosidade do solo, de acordo com Embrapa (1997). Para o IQF foi utilizado metodologia descrita por Mishra et al. (2017), através da abordagem PCA-LSF-SQIw, que leva em consideração a aplicação de um algoritmo na matriz de dados para a seleção de um sub-banco de dados mínimo representativo, considerando todas as variáveis analisadas neste estudo.

## 2.6. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Kruskal-Wallis para avaliação da distribuição normal dos dados e a homogeneidade das variâncias, respectivamente. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade e para avaliar as correlações existentes entre a densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total foi empregada a correlação múltipla. Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o Software R (R core Team 2018).

## 3. Resultados e discussão

### 3.1. Caracterização das propriedades físicas de um Neossolo Regolítico em função da profundidade do solo

A hipótese de que plantas de adubos verdes que apresentam sistema radicular de crescimento superficial e subsuperficial poderiam influenciar de forma diferenciada os atributos físicos do solo, nas diferentes camadas, foi suportada pelos resultados apresentados para densidade, micro e macroporosidade, porosidade total e índice de qualidade física do solo.

Foram observadas diferenças significativas para as variáveis densidade do solo, microporosidade e porosidade total ( $F_{1,220} = 5,60$ ;  $p < 0,05$ ;  $F_{1,220} = 22,02$ ;  $p < 0,001$ ; e  $F_{1,220} = 31,62$ ;  $p < 0,001$ , respectivamente) entre as profundidades do solo avaliadas. O maior valor para densidade do solo ( $1,51 \pm 0,02 \text{ g dm}^{-3}$ ) foi observado na profundidade de 0,11-0,20 m. Enquanto que os maiores valores para microporosidade e porosidade total ( $0,32 \pm 0,009$  e  $0,38 \pm 0,01$ , respectivamente) foram observados na camada de 0,0-0,10 m de profundidade (Figura 2).

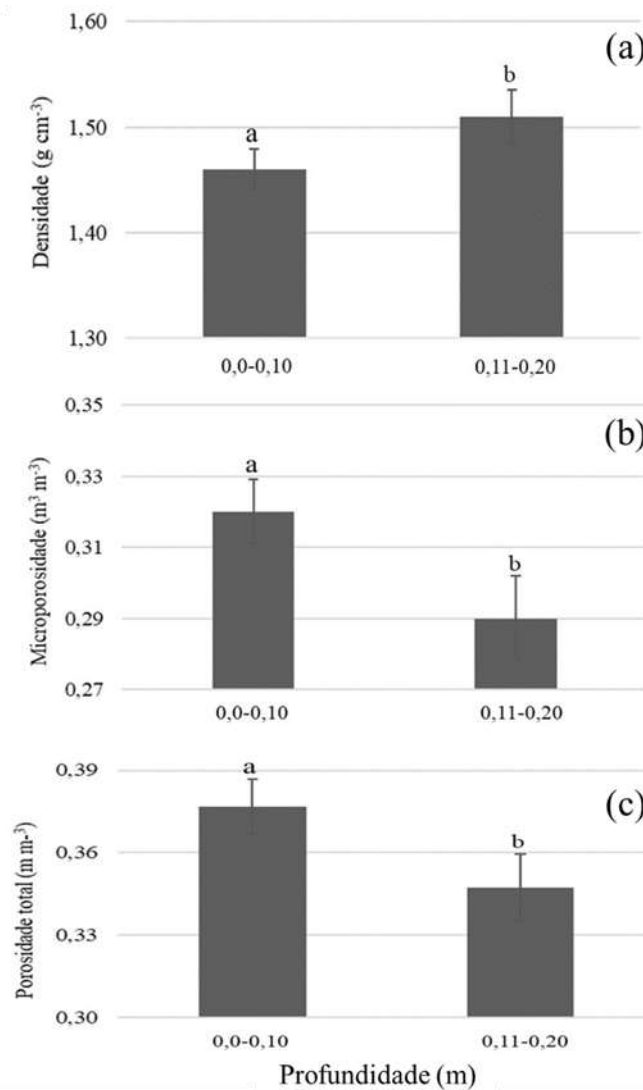


Figura 2. Valores médios de densidade do solo (a), microporosidade (b) e porosidade total (c) em função da profundidade um Neossolo Regolítico sob manejo a longo prazo (5 anos).

\*Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Esses resultados estão de acordo com as afirmações de Spera et al. (2009), Nascente e Stone (2018) e Ren et al. (2019), que obtiveram resultados semelhantes aos observados neste estudo, associando as mudanças nos atributos físicos do solo ao conteúdo de matéria orgânica presente na camada superficial. Ademais, o não revolvimento do solo durante o período de experimentação (cinco anos), pode ter sido a causa dessa diferença entre as camadas.

De acordo com Hubbard, Strickland e Phatak (2013) e Büchi et al. (2019), em sistemas de cultivo em que prevalece o uso de espécies de plantas com potencial para adubação verde, há uma maior quantidade de biomassa produzida que conseqüentemente influencia nos teores de carbono orgânico

total, resultando em incrementos significativos sobre os atributos do solo. Enquanto que Cunha et al. (2011), ressaltam a importância de considerar a diversidade e o tipo de material vegetal utilizado, pois, ambientes com alta diversidade de plantas apresentam maior deposição de resíduos vegetais (MELO et al., 2019), resultando em incrementos significativos sobre os espaços porosos e na redução da densidade do solo, principalmente nas camadas mais superficiais.

Teixeira et al. (2016) avaliando a influência de espécies de Gramínea e Leguminosa sobre os atributos físicos de um Latossolo vermelho, sob diferentes condições de manejos, não obtiveram respostas significativas para a densidade do solo entre as camadas de 0,0-0,10 e 0,11-0,20 m. Já Udon & Omovbude (2019), no Sul da Nigéria, apresentaram resultados semelhantes aos observados neste trabalho. Neste contexto, Haruna et al. (2017), Bukovsky-Reyes, Isaac e Blesh (2019) ressaltam a importância do uso de plantas com aptidão para adubação verde na melhoria das propriedades do solo e de seus benefícios sobre a redução da densidade e no aumento da aeração e retenção de água no solo, permitindo um melhor desenvolvimento da cultura em sucessão.

### 3.2. Efeito do cultivo a longo prazo (5 anos) de espécies de plantas com aptidão para adubação verde sobre a microporosidade e macroporosidade de um Neossolo Regolítico

Foram observadas diferenças significativas para as variáveis microporosidade e macroporosidade do solo ( $F_{1,220} = 3,93$ ;  $p < 0,001$  e  $F_{1,220} = 2,51$ ;  $p < 0,001$ , respectivamente) entre as espécies de plantas com aptidão para adubação verde. Os maiores valores para microporosidade do solo foram observados nas parcelas onde foram cultivadas as espécies, *D. lablab*, *C. juncea* e *B. decumbens* ( $0,32 \pm 0,002$ ;  $0,33 \pm 0,002$  e  $0,32 \pm 0,002 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  respectivamente). Já para a macroporosidade, os maiores valores foram observados nas parcelas onde foram cultivadas as espécies *P. glaucum*, *S. aterrinum* e *D. lablab* ( $0,07 \pm 0,01$ ;  $0,06 \pm 0,002$  e  $0,06 \pm 0,002 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  respectivamente) (Figura 3).

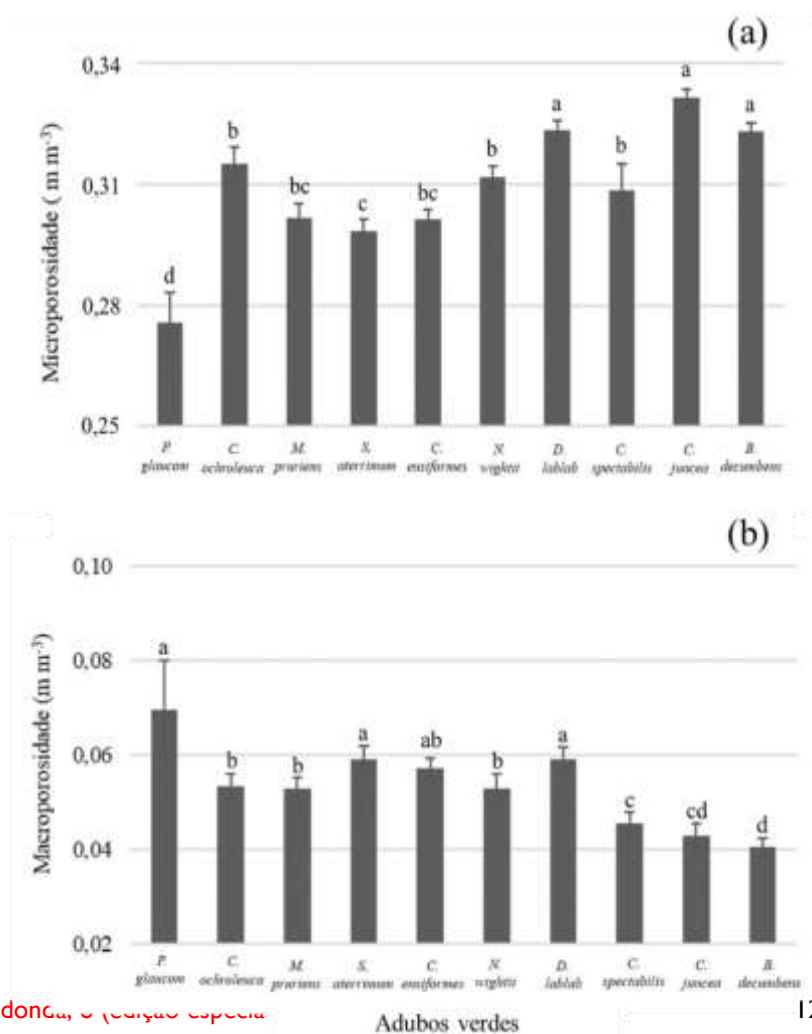


Figura 3. Valores médios de Microporosidade (a) e Macroporosidade (b) de um Neossolo Regolítico em função do uso de diferentes espécies de plantas com aptidão para a adubação verde.

\*Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Esses resultados corroboram com os observados por Silva et al. (2009), que observaram incrementos significativos para estes atributos físicos em experimento de campo de longa duração (5 anos), com uso do milho e feijão-guandu. Enquanto Borges et al. (2016) avaliando o comportamento de diferentes espécies, não verificaram diferenças entre as camadas de solos, destacando o efeito positivo dessas plantas, independente de profundidades.

Os maiores valores da variável macroporosidade, observados nas parcelas onde foram cultivadas *P. glaucom*, *S. aterrimum* e *D. lablab*, também estão de acordo com as informações acrescentadas por Nascente, Dambiro e Constantino (2017), ao destacar que a alta produção de biomassa dessas plantas promove mudanças positivas nos atributos físicos do solo, em razão do maior teor de carbono orgânico e do número de raízes (WICK et al. 2017). Nascente e Stone (2018) também observaram esse mesmo comportamento em solo sob cultivo com adubos verdes em comparação a áreas de pousio, aumentando assim a sua capacidade de aeração.

### 3.3. Correlações existentes entre os atributos físicos em área de produção de adubos verdes

As estimativas dos coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis analisadas estão apresentadas na Tabela 1. As variáveis densidade do solo e microporosidade apresentaram correlação linear positiva, com coeficiente de 0,41 e significância de 5% de probabilidade. Enquanto que a microporosidade e a macroporosidade apresentaram correlação negativa, com coeficiente de -0,28 e significância de 5% de probabilidade. E as variáveis porosidade total e microporosidade apresentaram correlação linear positiva, com valor mínimo de 0,79 e significância de 5% de probabilidade (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativas dos coeficientes de correlação linear de Pearson entre variáveis avaliadas em atributos do solo pelo uso de espécies de adubos verdes.

Variáveis <sup>1</sup>	Densidade do solo	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade total
Densidade do solo	-	-0,16 <sup>ns</sup>	0,41*	0,29 <sup>ns</sup>
Macroporosidade	-	-	-0,28*	0,36 <sup>ns</sup>
Microporosidade	-	-	-	0,79*

<sup>ns</sup> e \* não-significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

### 3.4. Índice de qualidade física do solo em função das espécies de adubos verdes e da profundidade do solo

Foi observado diferença significativa para a variável índice de qualidade do solo para a interação entre as plantas com aptidão para adubação verde e as profundidades do solo avaliadas ( $F_{9,220} = 9,45$ ;  $p < 0,05$ ). Na camada superficial (0,0-0,11 m), os maiores valores do IQF foram observados nas parcelas onde foram cultivadas as espécies *B. decumbens*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis* ( $0,25 \pm 0,01$ ;  $0,26 \pm 0,01$  e  $0,26 \pm 0,01$  respectivamente). Enquanto que na camada subsuperficial (0,11-0,20 m), os maiores valores do IQF foram observados nas parcelas onde foram cultivadas as espécies *M. pruriens* e *C. juncea* ( $0,25 \pm 0,03$  e  $0,25 \pm 0,01$ , respectivamente) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios do Índice de Qualidade Física do Solo (médias  $\pm$  desvio padrão, N=240) em função da profundidade e uso de espécies de plantas com aptidão para adubação verde.

Espécies de plantas para adubação verde	Índice de qualidade física do solo (IQF)	
	0,0-0,10 m	0,11-0,20 m
<i>B. decumbens</i>	0,25 ± 0,01 Aa <sup>1</sup>	0,20 ± 0,01 Bb
<i>P. glaucum</i>	0,20 ± 0,02 Ba	0,18 ± 0,06 Cb
<i>C. ochroleuca</i>	0,26 ± 0,01 Aa	0,20 ± 0,02 Ba
<i>M. pruriens</i>	0,20 ± 0,02 Bb	0,25 ± 0,03 Aa
<i>S. aterrimum</i>	0,20 ± 0,01 Ba	0,20 ± 0,01 Ba
<i>C. ensiformes</i>	0,20 ± 0,01 Ba	0,20 ± 0,01 Ba
<i>N. wightii</i>	0,20 ± 0,02 Ba	0,20 ± 0,02 Ba
<i>D. lablab</i>	0,20 ± 0,02 Ba	0,20 ± 0,01 Ba
<i>C. spectabilis</i>	0,26 ± 0,01 Aa	0,19 ± 0,06 Cb
<i>C. juncea</i>	0,20 ± 0,01 Bb	0,25 ± 0,01 Aa

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

De acordo com Souza et al. (2018), espécies como *C. ochroleuca* e *M. pruriens*, contribuem para a melhoria da qualidade do solo, pela sua capacidade de produção de biomassa seca. Já a *B. decumbens*, por apresentar um sistema radicular mais agressivo contribui com a melhoria da estrutura do solo, aumentando assim, a quantidade de microporos e conseqüentemente a retenção de água.

Sendo assim, e com base nos resultados apresentados, pode-se considerar as espécies estudadas como promissoras para reestruturação dos solos agricultáveis, visando a melhoria de suas propriedades, assim como descrito por Duarte et al. (2014) e Nascente; Stone; Cruscioln, (2015). No entanto, futuros estudos envolvendo a produção de culturas anuais ou em sistemas que integrem o uso dessas plantas em consórcio, são necessários para avaliação da sua qualidade química e física e para o avanço da ciência.

### 3. Conclusão

Com base nos resultados apresentados neste estudo, pode-se ressaltar a importância do uso de espécies de adubos verdes na recuperação de solos com baixa eficiência agrícola. Dentre as espécies estudadas, presume-se que a qualidade física do solo seja maior em áreas com cultivo de *B. decumbens*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, *C. Juncea* e *M. pruriens*. E que, os atributos avaliados (i.e., densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total) também podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade física do solo.

### Referências

BORGES, W L. B.; SOUZA, I. M. D.; SÁ, M. E.; ALVES, M. C. Alterações físicas em Latossolos cultivados com plantas de cobertura em rotação com soja e milho. *Agrária*, v. 11, n.3, p.149-155, 2016. <https://doi.org/10.5039/agraria.v11i3a5380>

BÜCHI, L.; WENDLING M.; AMOSSÉ, C.; NECPALOVA, M.; CHARLES, R. Importance of cover crops in alleviating negative effects of reduced soil tillage and promoting soil fertility in a winter wheat cropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 256, p. 92-104, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.01.005>



BUKOVSKY-REYES, S.; ISAAC, M. E.; BLESCH, J. Effects of intercropping and soil properties on root functional traits of cover crops. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 285, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106614>

ÇERÇİOĞLU, M.; ANDERSON, S. H.; UDAWATTA, R. P.; ALAGELE, S. Effect of cover crop management on soil hydraulic properties. **Geoderma**, n. 343, p. 247–253, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.02.027>

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 589-602, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200029>

DUARTE, I. B.; GALLO, A. S.; GOMES, M. S.; GUIMARÃES, N. F.; ROCHA, D. P.; SILVA, R. F. Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. **Acta Iguazu**, v. 3, n. 2, p. 150-165, 2014. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v3i2.10625>.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 518 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T. G. The solid phase. In: DANE J. H.; TOPP G. C. (Eds.). **Methods of soil analysis**. Physical methods, Soil Science Society of America, p. 201-414, 2002.

HARUNA, S. I.; ANDERSON, S. H.; NKONGOLO, N. V.; ZAIBON, S. Soil hydraulic properties: influence of tillage and cover crops. **Pedosphere**, v. 28, n. 3, p. 430-442, 2017. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60387-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60387-4)

HUBBARD, R. K.; STRICKLAND, T. C.; PHATAK, S. Effects of cover crop systems on soil physical properties and carbon/nitrogen relationships in the coastal plain of southeastern USA. **Soil and Tillage Research**, v. 126, p. 276-283, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.07.009>

LIMA FILHO, O. F. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. 2. ed. Brasília: Embrapa Agropecuária. 2014. 478 p.

MELO, L. N.; SOUZA, T.; SANTOS, D. Transpiratory Rate, Biomass Production and Leaf Macronutrient Content of Different Plant Species Cultivated on a Regosol in the Brazilian Semiarid. **Russian Agricultural Sciences**, v. 45, p. 147-153, 2019. <https://doi.org/10.3103/S1068367419020150>

MISHRA, G.; MARZAIOLI, R.; K. GIRI; BORAH, R.; DUTTA A.; JAYARAJ, R. S. C. Soil quality assessment under shifting cultivation and forests in Northeastern Himalaya of India. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 63, p. 1355-1368, 2017. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1281390>

NASCENTE, A. S.; STONE, L. F.; CRUSCIOL C. A. C. Soil chemical properties affected by cover crops under no-tillage system. **Revista Ceres**, v. 62, n.4, p. 401-409, 2015. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562040010>

NASCENTE, A. S.; STONE, L. F. Cover Crops as Affecting Soil Chemical and Physical Properties and Development of Upland Rice and Soybean Cultivated in Rotation. **Rice Science**, v. 25, n. 6, p. 340–349, 2018. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562040010>

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical, Computing, 2018. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acessado em 07 set. 2019.

REN, L. T. V. NEST, G. RUYSSCHAERT, D'HOSE, T.; CORNELIS, W. M. Short-term effects of cover crops and tillage methods on soil physical properties and maize growth in a sandy loam soil. **Soil & Tillage Research**, v. 192, p.76–86, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.04.026>

SPERA, S. T. Atributos físicos do solo em sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p.1079-1093, 2009.

SILVA, M. M.; ALVES, M. C.; SOUSA, A. P.; FERNANDES, F. C. S. Plantas de cobertura e sistemas de preparo: impactos na qualidade física de um solo de Cerrado. **Revista Ceres**, v. 56, n. 1, p. 103-111, 2009.

SILVA, S. I. A.; SOUZA, T.; SANTOS, D.; SOUZA, R. F. S. Avaliação dos componentes de produção em variedades crioulas de fava cultivadas no Agreste da Paraíba. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 731-742, 2019. <https://doi.org/10.19084/rca.16956>

SOUZA, G. A. V. S.; SOUZA, T. A. F.; SANTOS, D.; RIOS, E. S.; SOUZA, G. J. L. Agronomic Evaluation of Legume Cover Crops for Sustainable Agriculture. **Russian Agricultural Sciences**, v. 44, n. 1, p. 31–38, 2018. <https://doi.org/10.3103/S1068367418010093>

TEIXEIRA, R. B.; Borges, M. C. R. Z.; Roque, C. G.; Oliveira, M. P. Tillage systems and cover crops on soil physical properties after soybean cultivation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 20 n. 12 p.1057-1061, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n12p1057-1061>

UDOM, B. E.; OMOVBUDE, S. Soil physical properties and carbon/nitrogen relationships in stable aggregates under legume and grass fallow. **Acta Ecologica Sinica**, v. 39, n.1, p. 56-62, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.05.008>

YANG, Z.; XU, M.; ZHENG, S.; NIE, J., GAO, J.; LIAO, Y.; XIE, J. Effects of Long-Term Winter Planted Green Manure on Physical Properties of Reddish Paddy Soil Under a Double-Rice Cropping System. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 11, n. 4, p. 655–664, 2012. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60053-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60053-7)

YANG, W.; FENG, G; ADELI, A.; KERSEBAUM, K. C.; JENKINS, J. N., LI, P. Long-term effect of cover crop on rainwater balance components and use efficiency in the no-tilled and rainfed corn and soybean rotation system. **Agricultural Water Management**, v. 219, p. 27–39, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.022>

Recebido em: 06/02/2023

Aceito em: 09/05/2023

Endereço para correspondência:  
Nome: Gislayne dos Santos Nascimento  
E-mail: gislaynesantos30@gmail.com



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)