

Estoques de Carbono e Nitrogênio do solo afetados pela adubação verde com plantas leguminosas¹

Soil Carbon and Nitrogen stocks affected by legume green manure

Rugana Imbana² e Susana Churka Blum³

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adubação verde com plantas leguminosas sobre os estoques de C e N de um Argissolo. O experimento foi conduzido na Fazenda Piroás-UNILAB durante o ano de 2018. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 8 tratamentos (6 espécies de leguminosas, área sem cobertura e outra coberta com palha) e 3 repetições. Aos 78 dias após o corte das leguminosas, em cada parcela, foram coletadas três amostras de solo indeformadas nas profundidades 0,00 – 0,05 e 0,05 – 0,10 m. Foram determinadas a densidade do solo (ρ), a densidade de partículas (ρ_s), porosidade total (α), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS), estoques de carbono (EstC) e nitrogênio (EstN) Nitrogênio total (NT) e a relação (C/N). A comparação das médias foi efetuada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O aporte de resíduos das plantas leguminosas proporcionou aumento nos teores do COT, MOS e Est C nas camadas analisadas porém não afetou os valores da ρ , ρ_s , α , NT, EstN e C/N na camada de 0,05-0,10 m devido à textura arenosa do solo e ao curto período experimental. O aumento do COT foi correlacionado com a produção de biomassa das plantas. Embora haja necessidade de um longo período para que os sistemas conservacionistas apresentem respostas satisfatórias, recomenda-se o uso de plantas leguminosas para a região do Maciço de Baturité para a melhoria do solo.

¹Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Agronomia, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira/UNILAB

²Autor do trabalho, graduando em Agronomia, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira/UNILAB, Redenção-CE, Brasil, ruganaimbana94@gmail.com

³Professora orientadora, Instituto de Desenvolvimento Rural, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira/UNILAB, Redenção-CE, Brasil, scblum@unilab.edu.br

Palavras-chave: Fitomassa. Proteção de solo. Maciço de Baturité.

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effects of green manure using legumes plants on C and N stocks of an Ultisol/Acrisol. The experiment was conducted at Fazenda Piroás-UNILAB in 2018. The experimental design was a randomized block with eight treatments (six legume species, fallow and mulching) and three replicates. At 78 days after cutting, in each plot, three soil samples were collected at depths of 0.00-0.05 and 0.05-0.10 m. We determined bulk density (ρ) particle density (ρ_s), porosity (α), total organic carbon (TOC), soil organic matter (SOM), Carbon stock (C stock), total Nitrogen (TN), Nitrogen stock (N stock) and C/N ratio. The comparison of means was performed by Tukey test at 5% probability. The contribution of tested legume residues resulted in increased TOC, SOM and C stock contents in the analyzed layers, but it did not affect the values of ρ , ρ_s , α , TN, N stock and C/N in the 0.05-0.10 m layer due to the sandy soil texture and short experimental period. TOC increase was correlated with plant biomass production. Although there is a need for a long period for the conservationist systems to present satisfactory responses, it is recommended the use of leguminous plants for the region of Maciço de Baturité for soil amelioration.

Key words: Phytomass. Soil protection. Maciço de Baturité.

INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas modificam os sistemas naturais, cujas alterações podem incorrer em degradação, das áreas afetadas, quando associadas aos processos que ocasionam a perda da sua capacidade produtiva (SILVA *et al.*, 2011). Portanto, identificar e empregar práticas conservacionistas, como adubação verde, que tem o potencial de incrementar o carbono orgânico (CO) no solo, possibilitam a manutenção da capacidade produtiva de um sistema agrícola e contribuem para a mitigação da emissão de dióxido de carbono (CO₂) para atmosfera (MARQUES *et al.*, 2015; ROSSET *et al.*, 2016), já que o solo é o principal reservatório de C

em ambiente terrestre (SILVA *et al.*, 2015), armazenando mais C do que as plantas e a atmosfera combinados.

De acordo com Sampaio *et al.* (2012), a base da composição da matéria orgânica do solo (MOS) é o C, e quando este é armazenado nos compartimentos da MOS contribui para melhorar as características físicas e químicas de solos ao longo do tempo. A dinâmica da MOS determina muitas vezes a fertilidade do solo (ROSSI *et al.*, 2011).

Consoante Gatto *et al.* (2010), a MOS desempenha papel importante na retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e estabilização da estrutura do solo, contribuindo para melhoria da porosidade, com maior infiltração de água e resistência à erosão. A densidade do solo pode ser afetada pela cobertura vegetal, teor de MO, uso e manejo de solo (SILVA *et al.*, 2011).

O uso de plantas leguminosas na adubação verde permite, além de proteger o solo contra impactos da gota de chuva, aumentar os teores de MO através de aporte de resíduos (CAVALCANTE *et al.* 2012; LIMA *et al.* 2018; MARQUES *et al.*, 2015). Essas espécies vegetais são as mais utilizadas nessa prática de conservação de solo, por serem grandes fornecedoras de biomassa, além de possuírem um sistema radicular profundo que contribui para descompactar o solo, absorver água e sais minerais nas camadas subsuperficiais, garantindo a máxima mobilidade de nutrientes, assim como o aproveitamento do nitrogênio atmosférico (N₂) pelo processo de fixação biológica (FBN) que ocorre em simbiose com as bactérias diazotróficas (gênero *Rhizobium*) (MELO e ZILLI, 2009).

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adubação verde com plantas leguminosas sobre os estoques de C e N de um Argissolo no Maciço de Baturité, Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

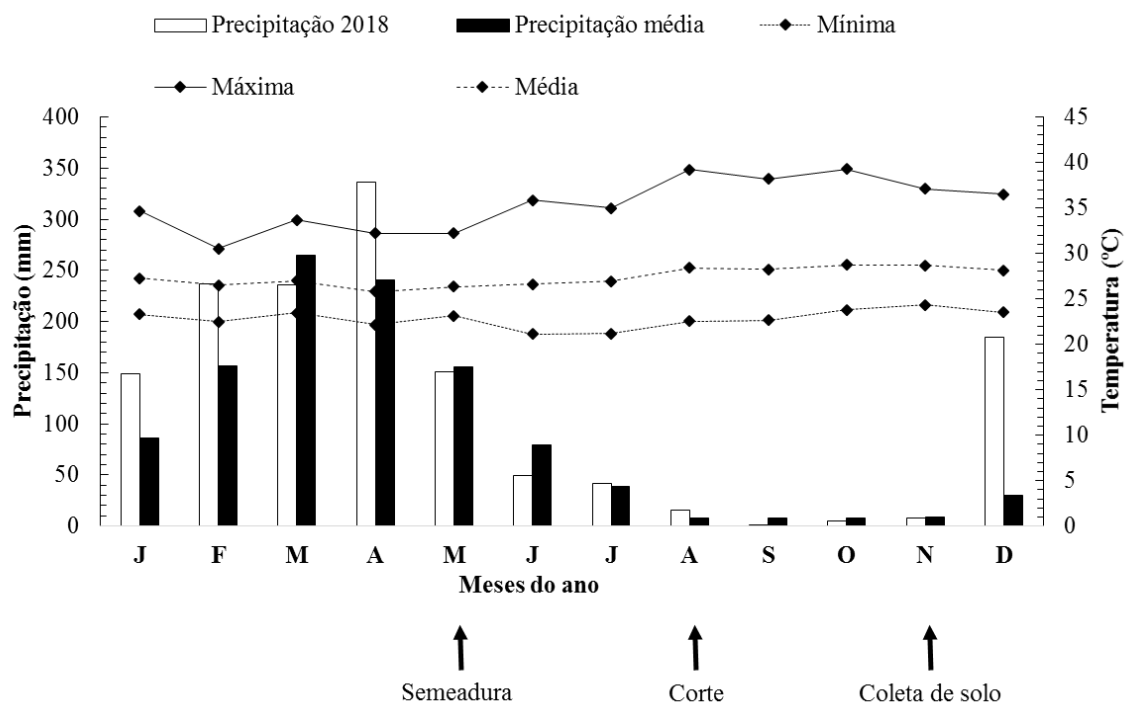
O presente estudo foi realizado na Fazenda Experimental Piroás (FEP) pertencente a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada no distrito de Barra Nova em Redenção-CE, na localidade Piroás. A fazenda localiza-se na latitude de 04°14'53"S, longitude de 38°45'10" O e altitude de 340 m.

A FEP tem uma área total de 33 hectares onde principalmente os trabalhos de pesquisa e apoio didático às disciplinas do Curso de Agronomia da UNILAB são desenvolvidos. A visão e metodologia de trabalho é agroecológica. A FEP conta com área de preservação permanente e reserva legal. Possui aproximadamente 15 espécies de fruteiras, 30 de flores tropicais, 15 de folhagens e uma boa diversidade de espécies nativas.

De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) o clima da região é do tipo Tropical Quente Úmido, com chuvas predominantes nos meses de janeiro a abril. Sua precipitação média anual é estimada em 1.062 mm, com temperatura média anual variando de 26 a 28 °C (Figura 1).

A precipitação mensal de 2018 e a média histórica (mm), as temperaturas mínima, máxima e média (°C) na FEP, Redenção-CE, podem ser observadas na Figura 1. Em 2018, as precipitações pluviométricas na FEP somaram um total de 1.414,4 mm, estando acima da média histórica da região (1062 mm). Durante o período da condução do experimento no campo (maio a novembro de 2018), as pluviosidades totalizaram 271,08 mm, julho e agosto foram os meses com os índices acima da média histórica (Figura 1). Para suprir a demanda hídrica das espécies leguminosas, nos períodos de déficit foi utilizada a irrigação por aspersão.

Figura 1 - Precipitação mensal de 2018 e a média histórica (mm), as temperaturas mínima, máxima e média (°C) na Fazenda Experimental Piroás, Redenção-CE



Fonte: Site da Unilab.

Para obtenção dos níveis de fertilidade do solo da área experimental, foram realizadas análises químicas do solo na profundidade de 0,00 – 0,20 m. A textura do solo da área foi classificada como franco-arenosa. O solo da área do experimento apresenta baixa acidez, altos níveis de Ca, Mg, K e P e alta saturação por bases (Tabela 1). Entretanto, exibe baixo teor de matéria orgânica.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo para a profundidade de 0,00-0,20 m.

Camada (m)	pH*	H + Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	CTC	C	P**	V
	---	-----cmol _c kg ⁻¹ -----							g.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	%
0,00-0,20	6,5	2,31	0,10	3,00	2,60	0,22	0,42	8,23	8,08	21	72

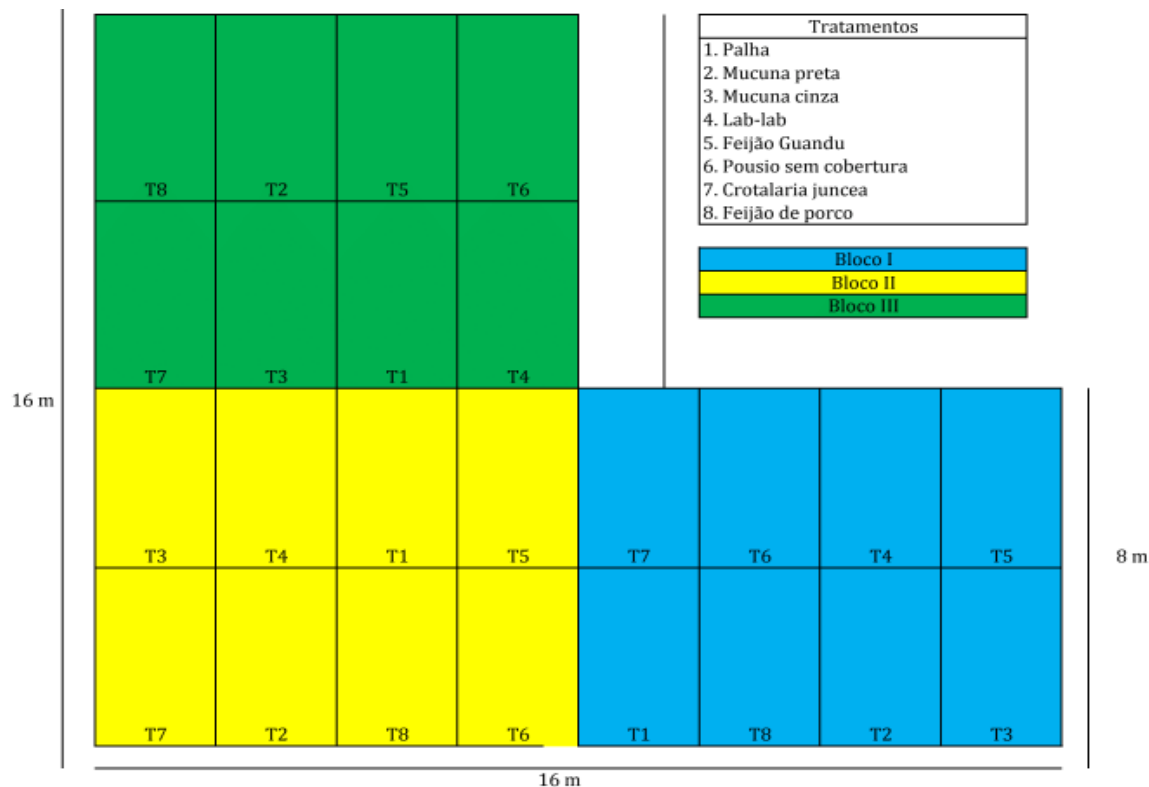
* pH em água,

** P Assimilável

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 8 tratamentos e 3 repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram na utilização da mucuna preta (*Mucuna pruriens*), mucuna cinza (*Mucuna pruriens*), lablab (*Dolichos lablab*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), crotalaria (*Crotalaria juncea*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), solo sem cobertura vegetal (pousio) e solo coberto com palha

proveniente de plantas espontâneas da área. O croqui do experimento está apresentado na figura 2.

Figura 2 - Croqui da área experimental, evidenciando os blocos e os tratamentos aplicados.



Fonte: Elaboração do autor

A área total utilizada para o experimento foi de 192 m², dividida em 3 blocos de 64 m², subdivididas em 8 parcelas de 8 m² (2 m x 4 m) que correspondem aos tratamentos (Figura 2), sendo o T1 – solo coberto (palha), T2 – mucuna preta, T3 – mucuna cinza, T4 – lablab, T5 – feijão guandu, T6 – solo sem cobertura, T7 – crotalária e T8 – feijão de porco. As sementes foram doadas pela Piraf Sementes (empresa brasileira pioneira na produção e comercialização de sementes para adubação verde) e a semeadura ocorreu nos dias 19 e 26/05/2018 e se baseou nas recomendações agronômicas de cada espécie.

O espaçamento entre linhas utilizados para todas as seis (6) espécies leguminosas foi de 0,50 m, enquanto que os espaçamentos entre plantas foram: 0,25 m para T2, T3 e T8; 0,08 m para T4 e 0,04 m para T5 e T7. A profundidade da linha de semeadura foi de 2 cm para T4, T5

e T7 e de 3 cm para T2, T3 e T8. Foram aplicados 0,87 kg de massa seca (MS) de húmus de minhocas produzido na FEP por cada linha de semeadura e a sua composição química encontra-se na Tabela 2, exibindo-se altos teores de N, P, K, Ca e Mg, elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas.

Tabela 2: Resultado da análise química de húmus de minhoca aplicados nas linhas de semeadura.

pH	N	P	P ₂ O ₅	K ⁺	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CE
	-----g kg ⁻¹ -----							mS cm ⁻¹
6,27	12,00	0,95	2,18	1,20	1,46	4,25	3,15	2,7

Fonte: SILVEIRA (2018).

Aos 67 dias após a semeadura (DAS), foi realizado o corte das leguminosas, deixando-se o material na superfície do solo. Aos 78 dias após o corte foram, em cada tratamento foram coletadas três amostras indeformadas nas profundidades de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m, respectivamente, utilizando-se anéis volumétricos de bordas cortantes e volume interno conhecido. Em seguida as amostras de solo foram levadas para secar na estufa a 105 ° C, conforme descrito no Manual de Métodos de Análises de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997). A densidade do solo (ρ), densidade de partículas (ρ_s) e porosidade total (α) foram obtidas pelas seguintes equações:

$$\rho \text{ (kg dm}^{-3}\text{)} = \text{amostra seca a 105 }^\circ\text{C (kg)} / \text{volume do anel (dm}^3\text{)}$$

$$\rho_s \text{ (kg m}^{-3}\text{)} = \text{amostra seca a 105 }^\circ\text{C (kg)} / 50 - \text{volume do álcool gasto (dm}^3\text{)}$$

$$\alpha \text{ (\%)} = 100 * (\rho_s - \rho) / \rho_s$$

O carbono orgânico total (COT) no solo foi determinado pela oxidação a úmida, seguida de titulação com sulfato ferroso amoniacal, conforme descrito por Mendonça e Matos, (2005). O cálculo foi efetuado de acordo com as seguintes fórmulas: $A = [(V_{ba} - V_{am}) (V_{bn} - V_{ba}) / V_{bn}] + (V_{ba} - V_{am})$,

Em que: V_{ba} = volume gasto na titulação do branco aquecido; V_{am} = volume gasto na titulação da amostra e V_{bn} = volume gasto na titulação do branco não aquecido.

$$\text{COT (g kg}^{-1}\text{)} = [(A) * (\text{Molaridade de FeSO}_4) * 3 * 100 / \text{peso da amostra (mg)} * 10]$$

Considerando que em média a matéria orgânica do solo (MOS) apresenta 58% de C, estimou-se o seu teor multiplicando o teor de C pelo fator de Van Bemmelen (1,72), isto é:

$$\text{MOS (g kg}^{-1}\text{)} = \text{COT} * 1,72$$

O Estoque do Carbono (EstC) no solo foi calculado nas profundidades de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m, de acordo com a equação de Veldkamp (1994), descrito em Fernandes e Fernandes (2013), conforme a seguinte expressão: $\text{EstC} = (\text{COT} * \rho * e) / 10$;

Em que, EstC = Estoque de C orgânico em determinada profundidade (Mg ha^{-1}); COT = Teor de C orgânico total na profundidade amostrada (g kg^{-1}); ρ = Densidade de solo da profundidade (kg dm^{-3}); e = espessura da camada considerada (cm).

A determinação do Nitrogênio total (NT) em solo foi por digestão sulfúrica seguida de titulação, conforme descrito no manual de Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais (VAN RAIJ *et al.*, 2001). O cálculo da NT foi feito pela fórmula:

$$\text{NT (g.kg}^{-1}\text{)} = (2) * (0,01) * (V_{\text{am}} - V_{\text{bran}}) * (14,007) / \text{massa de amostra (g)}$$

O estoque de Nitrogênio (EstN) no solo foi calculado utilizando a expressão: $\text{EstN} = (\text{NTS} * \rho * e)$. Em que: EstN = estoque de N do solo em determinada profundidade (Mg ha^{-1}); NT = teor de N (dag kg^{-1}); ρ = Densidade de solo da profundidade (kg.dm^{-3}); e = espessura da camada considerada (cm).

A relação Carbono/Nitrogênio (C/N) foi estimada a partir dos valores obtidos para teores de COT e NT das amostras.

Os dados das variáveis foram agrupados por camada e analisados segundo o delineamento de blocos ao acaso realizando-se a ANOVA. Utilizou-se o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade para comparar as médias dos parâmetros acima citados. Foi realizada análise de correlação de Pearson entre a massa seca da parte aérea (MSPA), cujas médias por tratamento

se encontram na Tabela 3, e os teores de COT, NT, ρ e α em cada profundidade de solo amostrada.

Tabela 3: Médias da massa seca de parte aérea, em t ha⁻¹, de plantas leguminosas para adubação verde no Maciço de Baturité

Palha	M. preta	M. cinza	Lablab	F. guandu	Pousio	Crotalária	F. de porco
3,08b	4,21b	6,95b	2,64b	7,07b	3,09b	15,00a*	8,22b

*Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 4 são apresentados os valores médios da ρ , ρ_s , α , COT, MOS e EstC nas duas camadas de solo avaliadas (0,00-0,05 e 0,05-0,10 m). Verificou-se que em ambas as camadas de solo não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos aplicados para as variáveis ρ , ρ_s e α . Por outro lado, constatou-se efeito significativo das plantas leguminosas sobre COT, MOS e EstC, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores médios da ρ encontrados neste experimento para as camadas de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m foram de 1,55 e 1,59 kg dm⁻³, respectivamente, estando abaixo do valor crítico (<1,70 kg dm⁻³) sugerido por Reichert *et al.* (2003) *apud* Rodrigues *et al.* (2016), para o crescimento das raízes em solos arenosos. Consoante Torres e Saraiva (1999) *apud* Andrade e Stone (2009), o intervalo crítico da ρ arenoso varia de 1,25 a 1,70 kg dm⁻³, enquanto que Michelin *et al.* (2009) indicaram uma ρ igual a 1,60 kg dm⁻³ para solos com baixos teores de argila.

A ρ_s exibiu a mesma média para os tratamentos e as camadas avaliadas (2,11 kg dm⁻³), evidenciando a grande estabilidade dos valores deste atributo físico do solo, que é influenciada exclusivamente pela composição de partículas sólidas, portanto admitir que sistemas de manejos que favorecem acréscimo no conteúdo da MOS poderão alterar seu valor ao longo do tempo, é razoável (VAN LIER, 2010).

Para a α , as médias por profundidades foram de 22 e 23 %. Os valores da α encontrados neste trabalho estão acima do proposto por Rodrigues *et al.* (2016) para solos arenosos, nas

camadas superficiais, que devem ser superiores que 10%, para que ocorra o desenvolvimento das raízes de plantas e trocas gasosas no solo, ou seja, o solo não apresenta risco de impedir a produção agrícola. O arranjo das partículas e a textura do solo afetam o sistema poroso, fazendo com que os solos com elevados valores da densidade e com predominância de areia apresentem a α reduzida, devido à baixa ou incoerência de agregados porosos e a baixos espaços entre as partículas por unidade de volume.

Apesar do diminuto tempo de experimento, aos 78 dias após o corte das plantas leguminosas, observou-se aumento nos teores de COT, o que refletiu na incorporação de MO no solo e conseqüentemente nos valores do EstC. A mucuna cinza se destacou entre os tratamentos no aumento de teor do COT no solo, apresentando médias por profundidade (0,00-0,05 e 0,05-0,10 m), de 17,60 e 14,02, g kg⁻¹, respectivamente, seguida da crotalária que exibiu, para as duas camadas, valores de 13,53 e 11,61 g kg⁻¹ (Tabela 3). O comportamento da MOS nas áreas da Mucuna cinza e Crotalária foram iguais ao do COT devido ao fator de *Van Bemmelen* (1,72). As médias obtidas no cálculo do EstC, revelaram evidência de aumento de C estocado no solo nas áreas de mucuna cinza e crotalária nas duas camadas.

Os resultados do COT concordam com o trabalho de Delarmelinda *et al.* (2010), que avaliando o efeito da incorporação de diferentes adubos verdes nas características químicas de um Cambissolo háplico eutrófico, observaram que as plantas leguminosas foram as que proporcionaram maiores teores de MO no solo aos 60 dias após o corte, com destaque para Crotalária. Também estão de acordo com o trabalho de Lima *et al.* (2018), ao avaliar o potencial dos adubos verdes no incremento dos teores e estoques de COT, observaram que, após cerca de 60 dias, o feijão guandu apresentou maior destaque para incrementos nos teores COT no solo.

Embora evidente o aumento nos teores de MOS pelas plantas leguminosas testadas, percebeu-se que este aumento não influenciou o decréscimo dos valores da ρ e nem o aumento dos valores da α . Este fato foi atribuído à textura arenosa do solo da área e ao curto período

experimental (78 dias após o corte). De acordo com Silva *et al.* (2015), não foram verificados efeitos das leguminosas sobre a ρ em curto prazo. Geralmente, solos com textura arenosa, devido à presença dominante das partículas de quartzo que compõe esta fração, tendem a apresentar valores elevados da ρ refletindo em baixas percentagens da α . Embora Pádua, Guerra e Zinn (2015), confirmaram que as menores ρ podem ser influenciadas pelo maior teor de MO no solo, também apontaram que os solos com estruturas predominantemente em blocos ou prismas tendem a apresentar elevados valores da ρ .

Tabela 4: Valores médios da densidade de solo (ρ), densidade de partículas (ρ_s), porosidade total (α), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica do solo (MOS) e estoque de carbono (EstC) nas camadas 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m de um Argissolo submetido a tratamento de diferentes plantas leguminosas de adubação verde no Maciço de Baturité.

Tratamentos	ρ -----kg dm ⁻³ -----	ρ_s	α %	COT -----g kg ⁻¹ -----	MOS	EstC Mg ha ⁻¹
0,00-0,05 m						
1. Palha	1,58 a*	2,11 a	21,00 a	11,55 b	19,87 b	9,12 abc
2. Mucuna Preta	1,52 a	2,11 a	24,00 a	12,28 ab	21,11 ab	9,37 abc
3. Mucuna Cinza	1,50 a	2,11 a	25,00 a	17,60 a	30,27 a	13,24 a
4. Lab-Lab	1,57 a	2,11 a	21,00 a	8,35 b	14,37 b	6,57 bc
5. Guandu	1,57 a	2,11 a	22,00 a	11,56 b	19,89 b	9,06 bc
6. Pousio	1,56 a	2,11 a	22,00 a	8,01 b	13,78 b	6,24 c
7. Crotolária j.	1,56 a	2,11 a	22,00 a	13,53 ab	23,28 ab	10,52 ab
8. Feijão de Porco	1,52 a	2,11 a	24,00 a	12,48 ab	21,47 ab	9,32 abc
F	0,397	10,0009	0,443	7,026	7,027	6,966
Significância	0,8888	0,0000	0,8588	0,0010	0,0010	0,0011
0,05-0,10 m						
1. Palha	1,57 a	2,11 a	24,00 a	10,38 bc	17,85 bc	8,18 bc
2. Mucuna Preta	1,55 a	2,11 a	22,00 a	10,21 bc	17,56 bc	7,89 bc
3. Mucuna Cinza	1,54 a	2,11 a	26,00 a	14,02 a	24,11 a	10,74 a
4. Lab-Lab	1,64 a	2,11 a	20,00 a	8,11 cd	13,95 cd	6,64 c
5. Guandu	1,64 a	2,11 a	21,00 a	9,97 bc	17,15 bc	8,16 bc
6. Pousio	1,62 a	2,11 a	22,00 a	7,27 d	12,51 d	5,87 c
7. Crotolária J.	1,57 a	2,11 a	24,00 a	11,61 ab	19,97 ab	9,12 ab
8. Feijão de Porco	1,57 a	2,11 a	24,00 a	9,05 bcd	15,57 bcd	7,12 bc
F	0,761	10,0009	0,655	15,924	15,954	10,123
Significância	0,6281	0,0000	0,7059	0,0000	0,0000	0,0002

*Médias, para cada profundidade, seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5%.

Os valores de NT, EstN e relação C/N estão apresentados na Tabela 5. Não foram observados efeitos de tratamentos sobre os parâmetros NT e EstN nas duas profundidades analisadas. Uma provável explicação sobre o porquê da não detecção dos efeitos de tratamentos sobre os teores de NT e EstN é a rápida taxa da decomposição e mineralização de compostos dos resíduos orgânicos nas camadas superficiais de solos tropicais, principalmente, com alto teor de areia (textura arenosa). De acordo com Lima *et al.* (2018), a taxa de decomposição, condições edafoclimáticas e composição química do material vegetal influenciam na liberação de nutrientes para o solo e, os resultados de Silva *et al.* (2015), avaliando o efeito de manejos de adubação orgânica sobre os estoques de C e N e a densidade do solo em um agrossistema de café *conilon* no Estado do Espírito Santo, apontam um tempo de 10 a 35 anos para que se achem efeitos significativos sobre os teores e estoques de NT em solos onde há emprego de restos vegetais.

Foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos para a relação C/N apenas na camada 0,00-0,05 m, devendo-se aos menores teores de NT e aos maiores teores de COT encontrados neste experimento. Porém, para a profundidade 0,05-0,10 m da mesma variável as médias não diferiram estatisticamente. Em todas as áreas das seis leguminosas testadas observou-se a ocorrência da maior relação C/N, com destaque para a *Mucuna Cinza* que se diferiu estatisticamente com o tratamento pousio sem cobertura devido ao alto teor de COT incorporado ao solo (Tabela 3).

De acordo com Castro, Vieira e Weber (2018), a maior relação C/N ocasiona degradação mais lenta e favorece o acúmulo de COT e N nos agregados do solo, ao longo do tempo.

Tabela 5: Teores de NT, EstN e relação Carbono/Nitrogênio (C/N) de um Argissolo sob tratamento de plantas leguminosas de adubação verde no Maciço de Baturité.

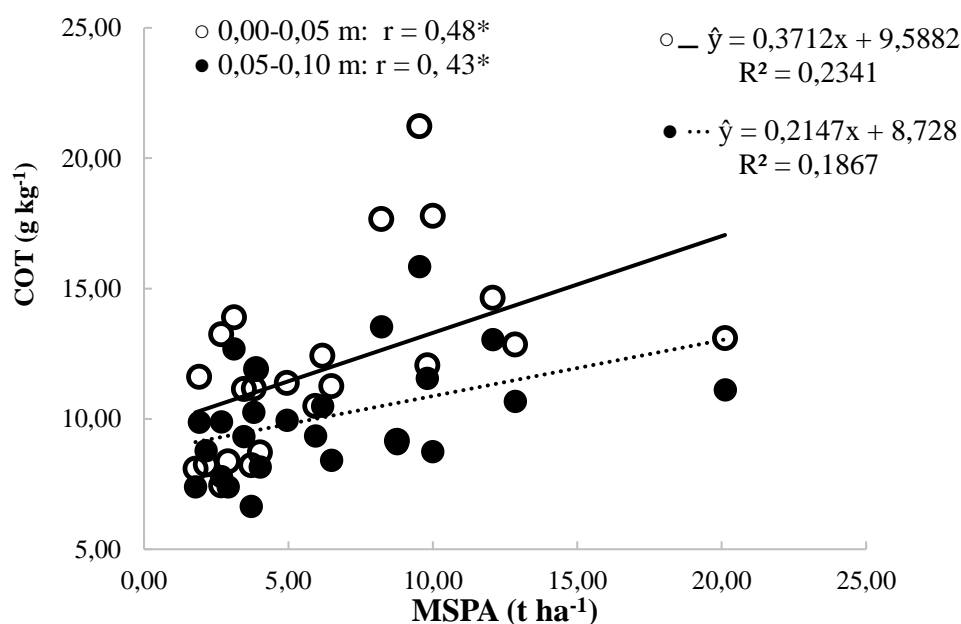
Tratamentos	NT	EstN	C/N
	g kg ⁻¹	Mg ha ⁻¹	
0,00-0,05 m			
1. Palha	1,03 a*	0,80 a	11,68 ab
2. Mucuna Preta	0,99 a	0,75 a	12,70 ab
3. Mucuna Cinza	1,21 a	0,92 a	15,04 a
4. Lab-Lab	0,78 a	0,60 a	11,34 ab
5. Guandu	1,00 a	0,77 a	11,81 ab
6. Pousio	0,87 a	0,68 a	9,52 b
7. Crotolária juncea	1,04 a	0,81 a	13,04 ab
8. Feijão de Porco	1,02 a	0,76 a	12,23 ab
F	1,001	1,052	2,213
Significância	0,4702	0,4406	0,0976
0,05-0,10 m			
1. Palha	0,74 a	0,57 a	15,28 a
2. Mucuna Preta	0,63 a	0,49 a	16,48 a
3. Mucuna Cinza	1,02 a	0,76 a	16,16 a
4. Lab-Lab	0,61 a	0,49 a	14,76 a
5. Guandu	0,63 a	0,51 a	15,95 a
6. Pousio	0,68 a	0,55 a	10,77 a
7. Crotolária juncea	0,72 a	0,56 a	16,58 a
8. Feijão de Porco	0,65 a	0,51 a	14,12 a
F	0,787	0,786	0,665
Significância	0,6095	0,6101	0,6979

*Médias, para cada profundidade, seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey a 5%.

As correlações de Pearson entre os atributos do solo e a matéria seca produzida por plantas leguminosas empregadas no experimento revelaram associação positiva entre a MSPA com os teores de COT nas duas profundidades analisadas (Figura 3), indicando que a fitomassa produzida pelas leguminosas favoreceu seu o aumento. A relação positiva entre COT e a produção de biomassa pode ser explicada por uma regressão linear, tanto na camada de 0,00-0,05m quanto na de 0,05-0,10m, sendo mais expressiva na camada superficial do solo. A produção de biomassa pelas plantas é a principal entrada de COT nos agroecossistemas, podendo ser modificada nos diferentes sistemas de produção. Consoante Rosset, Schiavo e Atanázio (2014), os teores de COT correlacionaram-se positivamente com os atributos

químicos do solo, nomeadamente Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB, CTC e V, demonstrando que, a MSPA produzida pelas leguminosas favoreceu o aumento nos teores de COT que contribui para o aumento nos teores de nutrientes. Por outro lado, não houve correlação significativa, nas duas camadas, entre a quantidade de MSPA dos tratamentos com os teores de NT (Figura 4), com as percentagens da α (Figura 5) e nem com os valores a ρ (Figura 6).

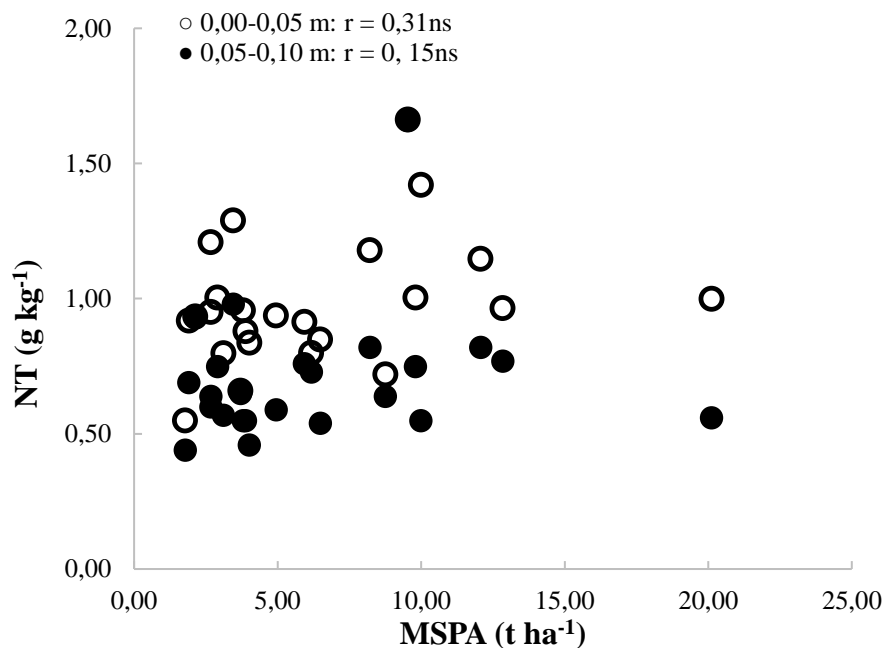
Figura 3: Teores de carbono orgânico total (COT) do solo em função da massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas.



* Significativos a 5% de probabilidade, por meio da Correlação de Pearson (r)

Fonte: Elaboração do autor

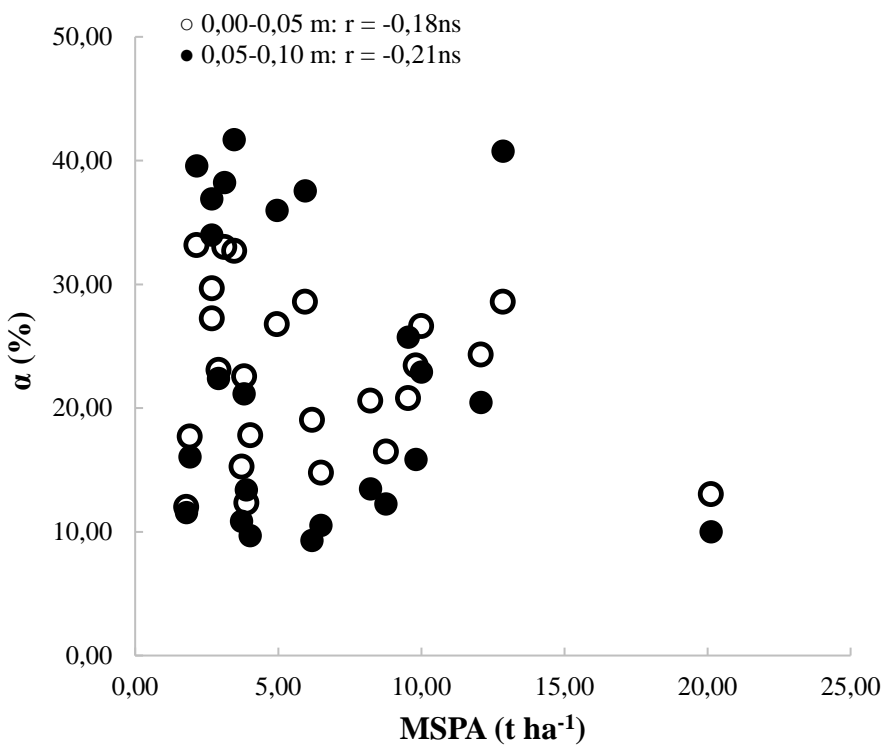
Figura 4: Teores de nitrogênio total (NT) do solo em função da massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas.



^{ns} Não significativos a 5% de probabilidade, por meio da Correlação de Pearson (r)

Fonte: Elaboração do autor

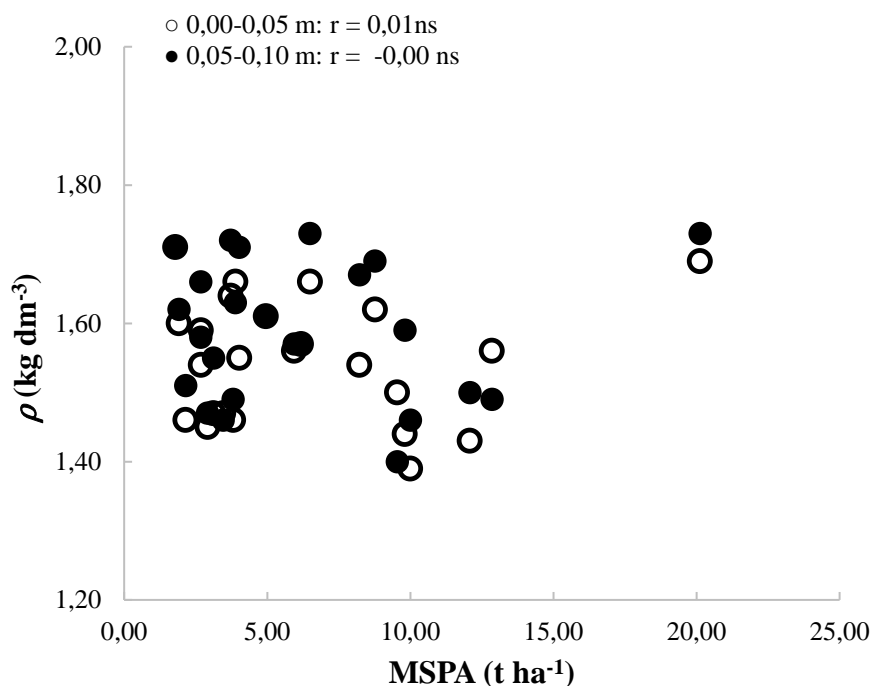
Figura 5: Porosidade total (α) do solo em função da massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas.



^{ns} Não significativos a 5% de probabilidade, por meio da Correlação de Pearson (r)

Fonte: Elaboração do autor

Figura 6: Densidade do solo (ρ) em função da massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas.



^{ns} Não significativos a 5% de probabilidade, por meio da Correlação de Pearson (r)

Fonte: Elaboração do autor

CONCLUSÕES

O aporte de resíduos das plantas leguminosas testadas proporcionou aumento nos teores do COT, MOS e EstC nas duas camadas analisadas porém não afetou os valores da ρ , ρ_s , α , NT, EstN nas duas profundidades avaliadas e da relação C/N na camada de 0,05-0,10 m devido à textura arenosa do solo e ao curto período experimental.

A mucuna cinza foi a planta leguminosa que mais promoveu acréscimo nos teores do COT nas duas camadas estudadas.

Embora haja necessidade de um longo período para que os sistemas conservacionistas apresentem respostas satisfatórias, as plantas leguminosas mostram-se promissoras para a melhoria das condições de solo na região do Maciço de Baturité/CE.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão de bolsa de iniciação científica e à empresa Piraf Sementes pela doação das sementes das plantas leguminosas para a realização do experimento. Ao estudante Medna Ndami por participar de todas as atividades de campo, à Profa. Dra. Mirian Cristina Gomes Costa do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará (UFC) por permitir o uso do Laboratório de Manejo de Solo da UFC e a Laboratorista Deyse de Sousa Maia por auxiliar na realização das análises laboratoriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, R. S.; STONE L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p.382–388, 2009.
- CASTRO, G. C.; VIEIRA, C. R.; WEBER O. L. S. Carbono orgânico e nitrogênio total nas frações granulométricas e húmicas em solos sob diferentes texturas. **Nativa**, v. 6, n. 6, p. 575-581, 2018.
- CAVALCANTE, V. S. et al. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.5, p.521–528, 2012.
- DELARME LINDA, *et al.* Adubação verde e alterações nas características químicas de um Cambissolo na região de Ji-Paraná-RO. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 3, p. 625 – 628, 2010.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 280p.
- FERNANDES F. A.; FERNANDES A. H. B. M. **Atualização dos Métodos de Cálculo dos Estoques de Carbono do Solo sob Diferentes Condições de Manejo**. Comunicado Técnico da EMBRAPA. Corumbá, MS 2013. 5p.

GATTO, A. *et al*, Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.1069-1079, 2010.

LIMA, I. M. O. *et al*. Adubos verdes para o incremento dos estoques de carbono em Neossolo Quartzarênico de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 4, e 5588, 2018.

MARQUES, J. D. de O. *et al*. Distribution of organic carbon in different soil fractions in ecosystems of Central Amazonia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 232-242, 2015.

MELO, S. R.; ZILLI, J. E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p.1177-1183, 2009.

MENDONÇA E. S.; MATOS E. S. **Matéria orgânica do solo; métodos de análises**. Viçosa: UFV, 2005. 107 p.

MICHELON, C. J. *et al*. Qualidade física dos solos irrigados de algumas regiões do Brasil Central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.39–45, 2009.

PÁDUA, E. J.; GUERRA, A. R.; ZINN Y. L. Modelagem da Densidade do Solo em Profundidade sob Vegetação Nativa em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 725-736, 2015.

RODRIGUEZ, M. S. *et al*. Impacto do cultivo do coqueiro irrigado na qualidade física do solo na região semiárida brasileira. **Ciencia del Suelo (Argentina)**, v. 34(1), p. 139-144, 2016.

ROSSET, J. S. *et al*. Carbon stock, chemical and physical properties of soils under management systems with different deployment times in western region of Paraná, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 3053-3072, 2014.

ROSSET, J. S.; SCHIAVO, J. A.; ATANÁZIO, R. A. R. Atributos químicos, estoque de carbono orgânico total e das frações humificadas da matéria orgânica do solo em diferentes

sistemas de manejo de cana-de-açúcar. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2351-2366, 2014.

ROSSI, C.Q. *et al.* Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, v.70, p.622-630, 2011.

SAMPAIO, F. T. *et al.* Comparação entre Métodos para Determinação de Carbono Orgânico em Amostras de Solo Mensuradas por Volume ou Massa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 2, p. 517-523, 2012.

SILVA, R. C. S. *et al.* Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. **Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, Coleção Ciências Ambientais**, <http://www.agro.unitau.br/dspace>. p. 1-13, 2011

SILVA, V. M. *et al.* Estoques de Carbono e Nitrogênio e Densidade do Solo em Sistemas de Adubação Orgânica de Café Conilon. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1436-1444, 2015.

VAN LIER Q. **Física do solo**. 1ª ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010. 298p.

VAN RAIJ B. *et al.* Determinação de Nitrogênio Total em Solo. *In: Análise Química Para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. Cap. 18, p. 262-269.