



EFEITO DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA NAS FRAÇÕES DE CARBONO E NITROGÊNIO EM PLANOSSOLO NÁTRICO

EFFECTS OF TREATED WASTEWATER USE ON CARBON AND NITROGEN FRACTIONS IN SOLONETZ

Flávio Rangel dos Santos Almeida^{1*}; Bruno de Oliveira Dias¹; Jhony Vendruscolo²; Emanuel Lima Martins³; Salomão de Sousa Medeiros³; Luciana dos Santos Almeida¹

¹ Universidade Federal da Paraíba-UFPB.

² Universidade Federal do Amazonas-UFAM.

³ Instituto Nacional do Semiárido-INSA.

* Autor correspondente: rangelagroufpb@gmail.com

Resumo

Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação da água residuária tratada nas frações de carbono e nitrogênio em Planossolo Nátrico, no Semiárido da Paraíba, Brasil. O experimento foi implantado em área degradada, cultivada com Freijó e Ipê roxo. A aplicação foi iniciada 120 dias após a implantação do experimento, na vazão de 14 L planta⁻¹ semana⁻¹. Para avaliação coletou-se amostras de solo antes e após a aplicação (camadas de 0-15 e 15-30 cm da superfície), e analisou-se os teores de carbono orgânico total (COT), carbono solúvel em água, carbono associado ao ácido fúlvico (C-AF), carbono associado ao ácido húmico (C-AH), carbono associado à humina (C-HU), nitrogênio total (NT), nitrato, amônio e extrato alcalino (EA), e estimou-se as relações C/N, C-AF/C-AH, EA/C-HU, C-AF/COT, C-AH/COT, C-HU/CT e EA/COT. Os dados foram submetidos à análise de variância com o teste F ($p < 0,05$). A água residuária tratada elevou o teor de carbono orgânico humificado e reduziu o teor de nitrato do solo. Não houve diferença entre as camadas.

Palavras-chave: efluente doméstico, alternativa hídrica, fertilidade do solo, bioma Caatinga.

Abstract

The objective was to evaluate the effect of the application of treated wastewater on the fractions of carbon and nitrogen in a Solonetz in the Semiarid Region of Paraíba. The experiment was implemented in a degraded area cultivated with Freijó and Ipê-roxo. The application was started 120 days after the implementation of the experiment, at a flow of 14 L plant⁻¹ week⁻¹. For evaluation, soil samples were collected before and after application (0-15 and 15-30 cm layers), and the contents of Total Organic Carbon (TOC), water-soluble carbon, carbon associated with fulvic acid were analyzed. (FA-C), carbon associated with humic acid (HA-C), carbon associated with humine (HU-C), total nitrogen (TN), nitrate, ammonium and alkaline extract (AE), and were estimated the ratios C/N, C-FA/C-HA, AE/C-HU, C-FA/COT, C-HA/COT, C-HU/TC and AE/COT. The data were submitted to analysis of variance with the F test ($p < 0.05$). The treated wastewater increased the content of humidified organic carbon and reduced the nitrate content of the soil. There was no difference between the layers.

Keywords: Domestic effluent, water alternative, soil fertility, Caatinga biome.



INTRODUÇÃO

A região semiárida brasileira tem problemas relacionados com a degradação do solo e baixa produtividade em propriedades rurais, e contaminação dos recursos hídricos na zona urbana. A baixa produtividade está relacionada com as limitações naturais, destacando-se a precipitação pluviométrica baixa e irregular [1], baixo teor de matéria orgânica [2] e práticas de manejo inadequadas [3], que ocasionam a redução da capacidade de armazenamento de água e a perda acelerada de nutrientes, agravando a situação. A contaminação dos recursos hídricos nas cidades ocorre devido ao lançamento de efluentes domésticos não tratados na rede de drenagem [4]. Neste cenário, observa-se a possibilidade de mitigar os três problemas citados anteriormente ao utilizar água residuária tratada, proveniente dos centros urbanos, para o fornecimento de água e nutrientes em propriedades rurais.

A aplicação de água residuária promove o aumento do aporte de resíduos orgânicos, a exemplo das substâncias húmicas e ácidos fúlvicos [5]. As substâncias húmicas são compostos orgânicos condensados e de elevada persistência no solo, que têm papel indispensável na mobilização/retenção de metais tóxicos e hidrocarbonetos, e na degradação de poluentes orgânicos. Os ácidos fúlvicos têm carga protônica dissociável, aproximadamente duas a três vezes maior, por unidade de massa, que as argilas silicatadas 2:1, influenciando positivamente a capacidade de troca de cátions do solo [6].

A água residuária também é composta por nutrientes como fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e nitrogênio (N), que estimulam a atividade microbiana e melhoram a qualidade química do solo, quando aplicada adequadamente [7]. A composição nutricional da água residuária estimula positivamente a altura da planta, número de folhas, número de botões florais, área foliar, massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea do *Cucumis melo* L. [8]. Em espécies florestais nativas da Caatinga, a aplicação de água residuária promove o aumento do crescimento, como observado em *Bauhinia forficata* Linn [9] e *Myracrodruon urundeuva* L. [10].

Apesar do elevado potencial de uso da água residuária, para mitigar os problemas descritos acima, são necessárias mais informações sobre os efeitos da aplicação na qualidade do solo, com a finalidade de auxiliar no planejamento de estratégias de manejo adequadas para o Semiárido. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da aplicação de água residuária tratada nas formas de carbono (C) e nitrogênio (N) em um Planossolo Nátrico cultivado com plantas arbóreas nativas, no Semiárido paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de 09/2012 a 05/2015, na sede do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), Campina Grande/PB, Brasil, em uma área de 3.600 m² (Figura 1) com plantio das espécies Freijó (*Cordia goeldiana* Huber) e Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) no espaçamento de 3,0 m x 2,0 m. A região tem clima semiárido (BSh) [11], estação chuvosa de março a julho, com precipitação acumulada no período experimental de 1.530,12 mm (Figura 2), e solo classificado como Planossolo Nátrico [12].

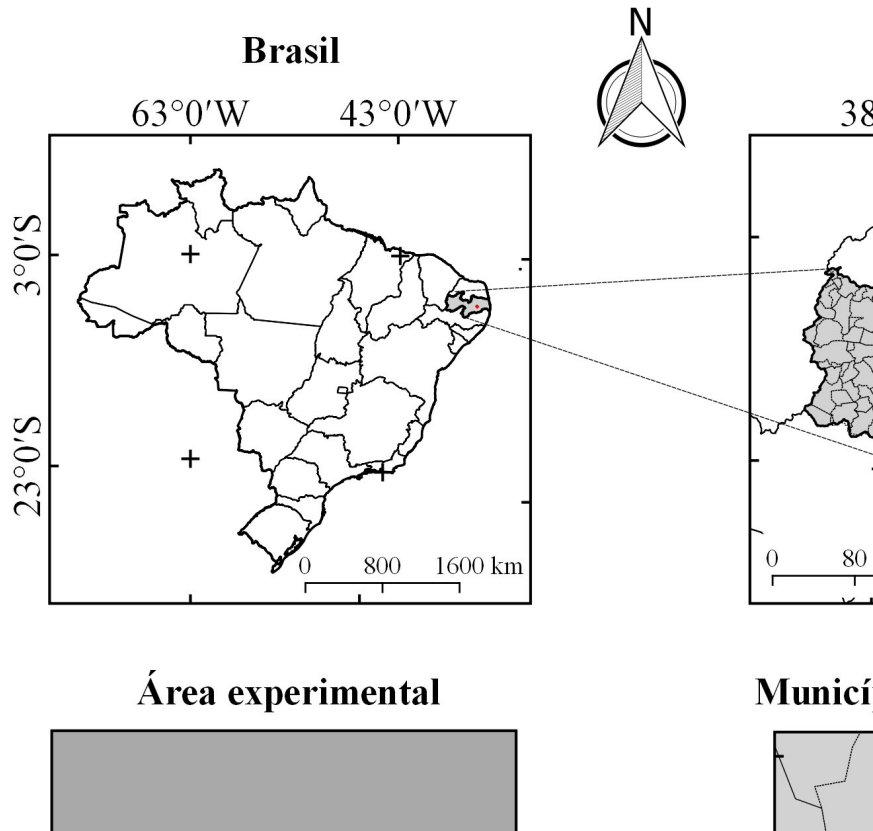


Figura 1. Localização da área experimental.

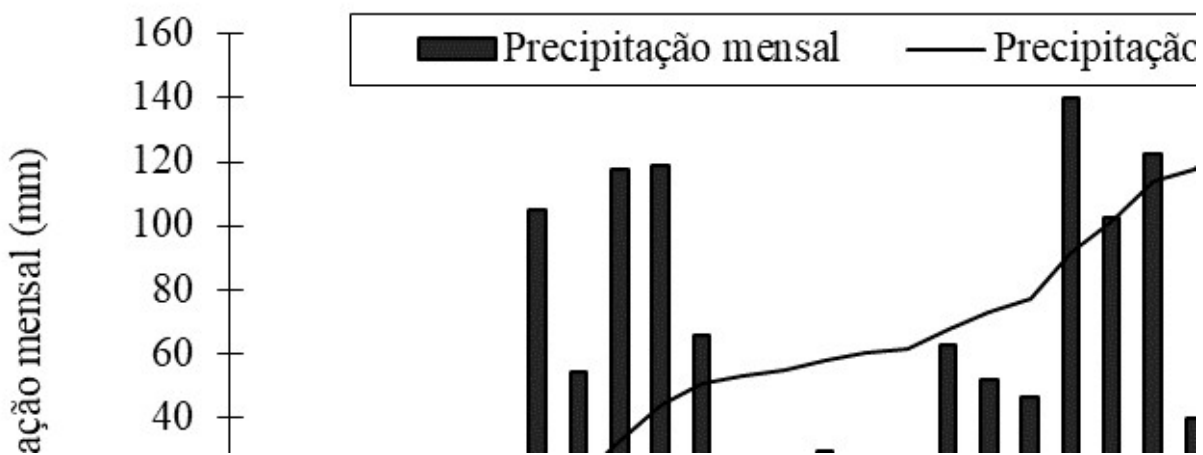


Figura 2. Precipitação pluviométrica (média mensal e acumulada) durante o período experimental (setembro de 2012 a maio de 2015, município de Campina Grande, Paraíba, Brasil. 1: janeiro; 2: fevereiro; 3: março; 4: abril; 5: maio; 6: junho; 7: julho; 8: agosto; 9: setembro; 10: outubro; 11: novembro; 12: dezembro).

Há aproximadamente quatro décadas, a área de estudo era ocupada por uma cobertura de Caatinga conservada. Esta área foi derrubada para formação de pastagem, onde permaneceu com esta finalidade por dez anos. Posteriormente, ocorreu a decapitação das camadas superficiais do solo em alguns setores, para extração de massame (material siltoso), utilizado para a construção civil na área urbana de Campina Grande-PB.



A água residuária é proveniente dos banheiros e cozinhas do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), e recebeu tratamento primário (para remover sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes) na estação de tratamento de efluentes, localizada no entorno da área experimental. A água residuária foi aplicada via sistema de irrigação por gotejamento uma vez por semana, na vazão de 14 L planta⁻¹ dia⁻¹, por um período de 33 meses. O valor da vazão corresponde a 30% da necessidade das espécies utilizadas no experimento, adaptadas às condições adversas de precipitação, e foi mensurado em função da disponibilidade de produção de água residuária do esgoto doméstico da sede do INSA.

A água residuária foi coletada em 8 gotejadores, as amostras simples foram misturadas para obtenção de uma amostra composta. Em seguida, analisou-se os parâmetros físico-químicos da água residuária (Tabela 1), com a metodologia da APHA [13].

Tabela 1. Caracterização da água residuária utilizada na irrigação da área experimental.

Atributo							
pH	CE	N	P	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ³⁻	COT	SDT
-	dS m ⁻¹	mg L ⁻¹					
8,3	13,5	26,3	14	9,4	51,9	3,7	681
Atributo							
DQO	NH ₄ ⁺	NO ₂ ³⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻
mg L ⁻¹							
33	22,3	4,5	22,3	27,6	24,5	10,7	270

CE: condutividade elétrica; N: nitrogênio total; P: fósforo total; PO₄³⁻: íon de fosfato; COT: carbono orgânico total; SDT: sólidos solúveis totais; DQO: demanda química de oxigênio; NH₄⁺: amônio; NO₂³⁻: nitrito; Na⁺: sódio; K⁺: potássio; Ca⁺²: cálcio; Mg⁺²: magnésio; Cl⁻: cloro.

Foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-15 e 15-30 cm da superfície, com um trado da marca Sonda Terra (modelo Helicoidal) e um coletor do tipo caneco. As coletas ocorreram em dois períodos, sendo 48 amostras simples antes (05/10/2012) e 48 amostras simples após aplicação da água residuária (03/05/2015).

Inicialmente, realizou-se as análises para caracterização da fertilidade do solo antes da aplicação [14], como pode ser observado na tabela 1. Posteriormente, com as amostras de ambos períodos, analisou-se carbono total (COT), carbono solúvel em água (CSA), carbono associado a fração ácido fúlvico (C-AF), carbono associado a fração ácido húmico (C-AH), carbono associado a húmina (C-HU) nitrogênio total (NT), nitrito (NO₂³⁻), amônio (NH₄⁺) e extrato alcalino (EA), e mensurou-se as relações C/N, C-AH/C-AF, EA/C-HU, C-AF/COT, C-AH/COT, C-HU/CT e EA/COT. Em seguida, mensurou-se uma média com os resultados das análises, para cada camada.

**Tabela 2.** Característica do solo nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de profundidade, antes da instalação do experimento, em Campina Grande, Brasil.

Atributo	Unidade	Camada (cm)	
		0-15	15-30
pH*		5,9	5,9
P	mg dm ⁻³	2,33	2,06
K ⁺	cmol _c kg ⁻¹	0,1	0,1
Na ⁺²	cmol _c kg ⁻¹	0,51	0,5
Ca ⁺²	cmol _c kg ⁻¹	0,22	0,18
Mg ⁺²	cmol _c kg ⁻¹	1,52	1,67
Al ⁺³	cmol _c kg ⁻¹	0,25	0,25
H+Al	cmol _c kg ⁻¹	2,64	2,69
SB	cmol _c kg ⁻¹	2,3	2,4
T	cmol _c kg ⁻¹	2,6	3,1
T	cmol _c kg ⁻¹	5,0	5,1
MO	g kg ⁻¹	2,1	2,4
N	g kg ⁻¹	0,6	0,5
V	%	40,9	41,2
M	%	15,2	13,5
PST	%	7,6	6,8
Areia	%	64,8	68,5
Silte	%	14,9	14,9
Argila	%	20,3	16,5
Textura		FAA	FA

*Água: 1:2,5; P: fósforo total; K⁺: potássio; Na⁺: sódio; Ca⁺²: cálcio; Mg⁺²: magnésio; Al⁺³: acidez ativa; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: CTC efetiva; T: CTC potencial; MO: matéria orgânica; N: nitrogênio total; V: saturação por bases; m: saturação por Al; PST: porcentagem de sódio trocável; FAA: franco argiloarenoso; FA: franco arenoso.

Para a determinação de COT e NT, amostras de 0,1 g de solo seco ao ar, trituradas em almofariz e passadas em peneira de malha de 0,149 mm, foram envolvidas em uma folha estanho, e analisadas via combustão seca em um analisador elementar, modelo LECO CHN - 628S. Com relação ao CSA, utilizou-se a metodologia adaptada de [15] para extração, e o analisador automático tipo TOC (Analyticjena: Multi N/C 3100) para quantificação. Os teores de NO₃⁻ e NH₄⁺ foram determinados por colorimetria, em um auto analisador de fluxo contínuo (FIA), FIAlab-2500/2600/2700 System (Versão 1.0607).

As extrações dos C-AF, C-AH e C-HU foram realizadas com o método preconizado por [16]. O fracionamento, pela solubilidade diferencial em soluções ácidas e alcalinas. A determinação quantitativa de carbono nos extratos, pela oxidação do C com dicromato de potássio e titulação do excesso com sulfato ferroso amoniacal [17]. O extrato alcalino foi obtido pela soma de C-AF e C-AH. Depois, foram calculadas C/N, C-AH/C-AF, EA/C-HU, C-AF/COT, C-AH/COT, C-HU/COT e EA/COT.



O experimento foi realizado no esquema de parcelas subdivididas com medidas repetidas no tempo e espaço, sendo duas épocas de amostragem (antes e após aplicação de água residuária) e duas camadas de amostragem (0-15 e 15-30 cm), totalizando 4 tratamentos, com quatro blocos. Os resultados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e teste F, para avaliar a significância de cada fator, utilizando o pacote estatístico SAS [18].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos atributos COT, NO_3^- , C-AH e C-HU, e relações C-AH/C-AF, C-AF/COT e EA/COT diferiram em relação à época de aplicação da água residuária. Para os demais fatores e fontes de variação não houve diferença significativa (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os atributos do Planossolo Nátrico submetido à aplicação de água residuária no Semiárido paraibano.

Atributo	Fonte de variação			Coeficiente de variação (%)
	Camada	Época	Camada x Época	
COT	4,58 ^{ns}	8,16*	0,14 ^{ns}	23,8
NT	1,34 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,74 ^{ns}	69,35
NO_3^-	2,29 ^{ns}	4,95**	262,18 ^{ns}	0,03
NH_4^+	0,74 ^{ns}	2,67 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,1
C-AF	0,24 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,65 ^{ns}	24,8
C-AH	0,00 ^{ns}	9,10**	0,07 ^{ns}	45,4
C-HU	0,00 ^{ns}	24,40**	1,52 ^{ns}	34,8
C-AH/C-AF	0,02 ^{ns}	21,91**	0,15 ^{ns}	44,7
EA/C-HU	0,88 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,32 ^{ns}	64,9
C-AF/COT	0,55 ^{ns}	14,43**	0,17 ^{ns}	41,8
C-AH/COT	0,54 ^{ns}	3,92 ^{ns}	0,11 ^{ns}	43,3
C-HU/COT	2,08 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,83 ^{ns}	48,8
EA/COT	1,13 ^{ns}	6,86*	0,34 ^{ns}	29,4
C/N	0,10 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,21 ^{ns}	38,1
C-AS	0,20 ^{ns}	4,17 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,13

COT: Carbono orgânico total; NT: Nitrogênio total; NO_3^- : Nitrato; NH_4^+ : Amônio; C-AF: carbono associado ao ácido fúlvico; C-AH: carbono associado ao ácido húmico; C-HU: carbono associado a humina; EA: extrato alcalino; C-SA: carbono solúvel em água; CV: Coeficiente de variação; ** e *: 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns}: não significativo.

Os teores médios de COT passaram de 8,50 para 10,00 g kg^{-1} e de 6,99 para 8,94 g kg^{-1} , nas camadas de 0-15 e 15-30 cm, respectivamente, após a aplicação de água residuária (Tabela 4). Este incremento indica melhoria da qualidade do solo, visto que, os valores eram considerados baixos ($< 8,7 \text{ g kg}^{-1}$) e passaram a ser considerados médios (8,7-17,4 g kg^{-1}),

segundo [19]. O incremento do teor de COT ocorreu devido à alta carga orgânica da água residuária, e conseqüentemente, elevado teor de carbono orgânico (Tabela 1), como observado por [20]. Resultados semelhantes foram observados por [21], ao avaliar os efeitos da aplicação de água residuária na matéria orgânica de um solo com textura franco arenosa no Semiárido do México.

Tabela 4. Valores médios para os atributos e relações do solo na camada de 0-30 cm, antes e após a aplicação de água residuária tratada em Planossolo Nátrico, no Semiárido paraibano, Brasil.

Época	Atributo					Relação		
	COT	C-AF	C-AH	C-HU	NO ₃ ⁻	C-AH/C-AF	C-AF/COT	EA/COT
----- g kg ⁻¹ -----								
----- mg kg ⁻¹ -----								
----- Camada de 0-15 cm -----								
Antes	8,50b	6,37a	2,93b	16,48a	37,39a	0,46b	0,76a	1,10a
Após	10,00a	6,00a	3,14a	8,74 b	13,30b	0,54a	0,62b	0,94b
----- Camada de 15-30 cm -----								
Antes	6,99b	6,01a	1,92b	16,25a	37,46a	0,32b	0,90a	1,16 ^a
Após	8,94 ^a	5,39a	3,45a	9,49b	5,53b	0,65a	0,65b	1,05b

COT: carbono orgânico total; C-AH: carbono associado ao ácido húmico; C-HU: carbono associado a humina; C-AF: carbono associado ao ácido fúlvico; EA: extrato alcalino; NO₃⁻: nitrato. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Os valores de NO₃⁻ diminuíram após a aplicação da água de reuso, passando de 37,9 para 13,30 mg kg⁻¹ na camada de 0-15 cm, e de 37,46 para 5,53 mg kg⁻¹ na camada de 15-30 cm (Tabela 4). Esta redução pode estar associada à lixiviação do nitrato, devido às texturas franco argilo arenosa e franco arenosa, na primeira e segunda camada, respectivamente, além do aumento de densidade de cargas negativas na estrutura da MOS, devido ao incremento das frações húmicas (C-AH e C-AF), favorecendo com que os íons aniônicos fiquem disponíveis na solução do solo. De acordo com [22], a lixiviação de NO₃⁻ no perfil do solo é maior com o aumento da lâmina de irrigação e da granulometria do solo, sendo que solos mais arenosos apresentam maior e mais rápida mobilidade vertical que solos argilosos. A formação de um ambiente propício para a absorção pela vegetação, devido ao fornecimento de água, nutrientes e carbono, também contribuiu para redução dos teores de NO₃⁻ no solo. O nitrogênio é o segundo elemento mais exigido para o crescimento e desenvolvimento do ipê roxo, sendo considerado prioritário aos estudos sobre fertilização mineral para a espécie [23].

Os teores C-AH passaram de 2,93 para 3,14 g kg⁻¹ na primeira camada, e de 1,92 para 3,45 mg kg⁻¹ na segunda, após a aplicação da água residuária (Tabela 4). Os ácidos húmicos (AHs) são uma fração intermediária das substâncias húmicas, encontrando-se entre os ácidos fúlvicos e a humina, e se destacam por serem mais dinâmicos do ponto de vista estrutural. Portanto, o aumento no conteúdo de C-AH indica a melhoria na qualidade da matéria orgânica humificada do solo, por promover a síntese de substâncias húmicas



mais recalcitrantes [24]. Essas substâncias são recomendadas para reabilitação de solos degradados por promover a mineralização lenta da matéria orgânica, liberando nutrientes por um período mais prolongado, em relação às substâncias húmicas mais lábeis como a fração C-AF [25].

O teor de C-HU passou por um decréscimo de 88,56% na camada de 0-15 cm e 71,23% na camada de 15-30 cm, após a aplicação da água residuária (Tabela 4). Este resultado não era esperado, tendo em vista a elevada estabilidade da humina, que tende a proporcionar maior acúmulo no solo, devido a pouca movimentação, polimerização e mineralização, quando comparada com os ácidos fúlvicos e húmicos [26]. A fração humina é considerada o estágio final do processo de decomposição da matéria orgânica, e por ser composta principalmente por resíduos orgânicos mais recalcitrantes [27], melhora a estrutura do solo, aumentando a retenção de umidade e a capacidade de troca de cátions [28].

Os teores de carbono em ácido fúlvico (C-AF) não apresentaram diferença após a aplicação de água residuária (Tabela 4). Este resultado está relacionado com a composição da água residuária utilizada no experimento, que não possui resíduos orgânicos que favoreceram a formação e o consequente aumento dessa fração da matéria orgânica do solo. Constata-se também que o C-AF é a fração húmica mais lixiviável, devido a sua mobilidade no perfil [24], sendo considerada a fração mais lábil da matéria orgânica humificada do solo [29], o que dificulta seu acúmulo no solo.

O aumento no teor de C associado aos ácidos húmicos (C-AH) e no Planossolo Nátrico estudado, reflete o maior aporte de húmus no solo com a adição de água residuária [24]. Esse resultado está relacionado com a composição do efluente doméstico, que é rico em matéria orgânica dissolvida e nutrientes, e com as condições favoráveis (temperatura, umidade e nutrientes) a atividade microbiana, que estimula a decomposição da MOS e o acúmulo dos húmus no solo [30]

A relação C-AH/C-AF aumentou em ambas as camadas após a aplicação de água residuária (Tabela 4), fato que sugere uma elevação da estabilidade da matéria orgânica, como observado por [27]. Este resultado foi causado pelo aumento de C-AH, tendo em vista que não houve diferença significativa para C-AF após a aplicação de água residuária, provavelmente devido à perda seletiva de C-AF no perfil do solo. Devido à alta mobilidade do C-AF [24], a perda é mais acentuada em solos de textura arenosa.

As relações C-AF/COT e EA/COT decresceram após a aplicação da água residuária, tanto na camada de 0-15 cm quanto na camada de 15-30 cm (Tabela 4). O decréscimo da relação C-AF/COT está associado com o aumento dos teores de carbono nas frações de substâncias húmicas mais estáveis, tendo em vista que não há diferença significativa para os teores de C-AF após a aplicação de água residuária, como descrito anteriormente. A redução da relação EA/COT ocorreu em função do aumento dos teores de C-HU, demonstrando que esta é a fração mais representativa das substâncias húmicas na camada de 0-30 cm do solo. A redução da relação EA/COT demonstra que as frações relacionadas aos ácidos fúlvicos e húmicos representam pouco o COT existente no perfil do solo, como observado por [31], portanto, o C-HU pode ser considerada a fração mais representativa das substâncias húmicas na camada de 0-30 cm do solo.



Os valores de EA/CHU não apresentaram diferença após a aplicação da água residuária (Tabela 4). Possivelmente, pelo fato da água residuária possuir uma carga de resíduos orgânicos de composição equilibrada, que eleva proporcionalmente os teores de ácidos húmicos e húmicos. Valores abaixo de 0,50 como os observados neste trabalho, podem indicar a estabilidade ou interação da matéria orgânica com a matriz mineral, podendo ser considerado como um indicativo da estabilidade da matéria orgânica do solo [32].

CONCLUSÃO

O uso de água residuária reduziu os teores de C-HU e N-nítrico do solo e aumentou de C-AH. Os teores das formas de C e de N nas camadas de 0-15 e 15-30 cm não foram influenciados pela aplicação de água residuária. Os teores de C/N, NO₃⁻, EA/C-HU, CAF e COT foram maiores na época inicial da aplicação da água residuária, enquanto os teores de NH₄⁺, EA/COT e C-HU/COT foram maiores após aplicação.

REFERÊNCIAS

- [1] SOUSA, E. P.; SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B.; OLIVEIRA, S. D. A teoria da entropia na análise da precipitação no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.2, p. 386-399, 2012. [https://doi: 10.26848/rbgf](https://doi.org/10.26848/rbgf).
- [2] QUEIROZ, A. F. DE.; SALVIANO, A. M.; CUNHA, T. J. F. DA.; OLSZEWSKI, N.; SOUZA JÚNIOR, V. S. DE.; OLIVEIRA NETO, M. B. DE. Potentialities and limitations of agricultural use in soils of semi-arid region of the state of Bahia. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.90, n.4, p. 3373-3387, 2018. [https://doi: 10.1590/0001-3765201820180029](https://doi.org/10.1590/0001-3765201820180029)
- [3] SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. Caatinga e desertificação. **Mercator**, v.14, n.1, p. 131-150, 2015. [https://doi: 10.4215/RM2015.1401.0009](https://doi.org/10.4215/RM2015.1401.0009)
- [4] SCHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reuso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no Semiárido da Bahia. **Ambiente & Sociedade**, v.17, n.2, p. 17-32, 2014. [https://doi: 10.1590/S1414-753X2014000200003](https://doi.org/10.1590/S1414-753X2014000200003)
- [5] COELHO, M. S.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. C.; GUIMARÃES, G. P.; CARDOSO, I. M. Qualidade da matéria orgânica de solos sob cultivo de café consorciado com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.6, p. 1576-1586, 2013. [https://doi: 10.1590/S0100-06832013000600014](https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000600014)
- [6] BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, v.61(suplemento), p. 856-881, 2014. [https://doi: 10.1590/0034-737X201461000011](https://doi.org/10.1590/0034-737X201461000011)
- [7] SIMÕES, K. S.; PEIXOTO, M. F. S. P.; ALMEIDA, A. T.; LEDO, C. A. S.; PEIXOTO, C. P.; PEREIRA, F. A. C. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p. 518-523, 2013. [https://doi:10.1590/S1415-43662013000500008](https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000500008)
- [8] SILVA, J. L. A.; GURGEL, M. T.; MOTA, A. F.; AZEVEDO, J.; COSTA, L. R. Influência da água residuária de origem doméstica no crescimento inicial do melão 'amarelo ouro'. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, n.4, p. 16-22, 2012. [https://doi: 10.30969/acsa.v8i4.185](https://doi.org/10.30969/acsa.v8i4.185)
- [9] OLIVEIRA, J. F.; ALVES, S. M. C.; BATISTA, R. O.; COSTA, M. S.; QUEIROZ, J. L.; LIMA, V. I. A. Avaliação de mudas de sabiá e mororó fertirrigadas com esgoto doméstico tratado. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.9, n.4, p. 46-52, 2013. [https://doi: 10.30969/acsa.v9i4.348](https://doi.org/10.30969/acsa.v9i4.348)
- [10] BRITO, R. F.; FERREIRA NETO, M.; MORAIS, M. A.; DIAS, N. S.; LIRA, R. B. Use of wastewater in the production of aroeira seedlings. **Revista Caatinga**, v.31, n.3, p. 687-694, 2018. [https://doi: 10.1590/1983-21252018v31n318rc](https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n318rc)



- [11] ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p. 711-728, 2014. <https://doi:10.1127/0941-2948/2013/0507>
- [12] SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B. E.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. il. color.
- [13] APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. (15ed.). Washington DC: APHA/AWWA/WEF, 2003.
- [14] EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- [15] BARTLETT, R. J.; ROSS, D. N. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, n.4, p. 1191-1192, 1988. [https://doi: 10.2136/sssaj1988.03615995005200040055x](https://doi:10.2136/sssaj1988.03615995005200040055x)
- [16] SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: Sparks, D. (Ed.), **Methods of soil analysis: chemical methods**. Madison, WI: SSSA. (p. 1011-1069), 1996.
- [17] YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, n.13, p. 1467-1476, 1988. [https:// doi: 10.1080/00103628809368027](https://doi:10.1080/00103628809368027)
- [18] CODY, R. **An Introduction to SAS University Edition**. Cary, 2015.NC. SAS Institute.
- [19] SIQUEIRA, O. J. W. Diagnóstico da fertilidade dos solos do estado de Sergipe. In: SOBRAL, L. F.; VIEGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L.; BARRETO, M. C. V.; GOMES, J. B. V. (Eds) **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes no estado de Sergipe**. Aracaju, SE: EMBRAPA, 2007. p. 49-79.
- [20] BARRETO, A. N.; NASCIMENTO, J. J. V. R.; MEDEIROS, E. P.; NÓBREGA, J. A.; BEZERRA, J. R. C. Changes in chemical attributes of a Fluvent cultivated with castor bean and irrigated with wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p. 480-486, 2013. [https://doi: 10.1590/S1415-43662013000500003](https://doi:10.1590/S1415-43662013000500003)
- [21] RIVAS, R. M. F.; LEÓN, G S.; LEAL, J. A. R.; RAMÍREZ, J. M.; ROMERO, F. M. Characterization of dissolved organic matter in an agricultural wastewater-irrigated soil, in semi arid Mexico. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, v.3, n.4, p. 575-590, 2017. [https://doi: 10.20937/RICA.2017.33.04.03](https://doi:10.20937/RICA.2017.33.04.03)
- [22] MENDES, W. C.; ALVES JUNIOR, J.; CUNHA, P. C. R.; SILVA, A. R.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D. Lixiviação de nitrato em função de lâminas de irrigação em solos argiloso e arenoso. **Irriga**, v.1, n.2, p. 47-56, 2015. [https://doi: 10.15809/irriga.2015v1n2p47](https://doi:10.15809/irriga.2015v1n2p47)
- [23] SILVA, A.; SCHLINDWEIN, J. A. Limitação nutricional e crescimento de plantas de ipê-roxo em latossolo amarelo distrófico na omissão de nutrientes. **Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v.5, n.2, p. 154-166, 2018. [https://doi: periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/1708](https://doi:periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/1708)
- [24] SILVA, C. S. DA.; PEREIRA, M. G.; DELGADO, R. C.; ASSUNÇÃO, S. A. Spatialization of fractions of organic matter in soil in an agroforestry system in the atlantic forest, Brazil. **Cerne**, v.23, n.2, p. 249-256, 2017. [https://doi: 10.1590/01047760201723022318](https://doi:10.1590/01047760201723022318)
- [25] CARABASSA, V.; ORTIZ, O.; ALCANIZ, J. M. Sewage sludge as an organic amendment for quarry restoration: Effects on soil and vegetation. **Land Degradation & Development**, v.29, n.1. p. 2568-2574, 2018. [https://doi: 10.1002/ldr.3071](https://doi:10.1002/ldr.3071)
- [26] Rossi, C. Q.; Pereira, M. G.; Giacomo, S. G.; Betta, M.; Polidoro, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, v.70, n.3, p. 622-630, 2011. [https://doi: 10.1590/S0006-87052011000300018](https://doi:10.1590/S0006-87052011000300018)
- [27] STEVENSON, F. J. **Humus Chemistry: Genesis, composition, reactions** (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons, 1994.



[28] LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. S. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. **Bragantia**, v.69, n.4, p. 913-922, 2010. <https://doi: 10.1590/S0006-87052010000400018>

[29] JINDO, K.; HERNÁNDEZ, T.; GARCIA, C.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A. Influence of stability and origin of organic amendments on humification in semiarid soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.75, n.6, p. 2178-2187, 2011. <https://doi: 10.2136/sssaj2011.0094>

[30] BORISOVER, M.; LORDIAN, A.; LEVY, G. J. Water-extractable soil organic matter characterization by chromophoric indicators: Effects of soil type and irrigation water quality. **Geoderma**, v.179, n.?, p.28-37, 2012. <https://doi: 10.1016/j.geoderma.2012.02.019>

[31] MARTINS, C. M.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SOARES, E. M. B.; SANTOS, S. R. Frações da matéria orgânica em solos sob formações decíduais no norte de Minas Gerais. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p. 10-20, 2015. <https://doi: 10.1590/1983-21252015v28n402rc>

[32] EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; PINHEIRO, É. F. M.; VALLADARES, G. S. Substâncias húmicas e relação com atributos edáficos. **Bragantia**, v.70, n.1, p. 157-165, 2011. <https://doi: 10.1590/S0006-87052011000100022>