

QUALIDADE DO SOLO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE USO NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

CALIDAD DEL SUELO BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE USO EN EL SEMIÁRIDO PARAIBANO

SOIL QUALITY IN DIFFERENT CONDITIONS OF USE IN THE SEMIARID REGION OF PARAIBA, BRAZIL

Denízia Ribeiro da Silva*
denizia_ufpb@yahoo.com.br

Flávio Pereira de Oliveira*
flavio.oliveira@academico.ufpb.br

Pedro Luan Ferreira da Silva**
pedroluanferreira@gmail.com

Adriana Ferreira Martins*
biol.adriana@gmail.com

* Universidade Federal da Paraíba, Areia/PB, Brasil

** Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, Brasil

Resumo

A degradação das terras é uma problemática que vem se instalando em vários países, principalmente, com a redução da cobertura natural para a implantação de culturas agrícolas. No Brasil, essa degradação aparece mais acentuadamente no semiárido nordestino por apresentar características que favorecem esse processo. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar os atributos físicos e químicos do solo em áreas sob diferentes condições de uso no semiárido paraibano. O estudo foi realizado no município de São João do Cariri (7°23'27" W, 36°32'2" S), localizado no núcleo de desertificação dos Cariris Velhos. Foram coletadas amostras de solo dos seguintes tratamentos: 1) Vegetação nativa (VN); 2) Área cultivada (AC) e 3) Área em processo de degradação (APD), nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade. As variáveis respostas analisadas foram: densidade do solo e de partículas, porosidade total, estabilidade de agregados, pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ Na⁺, acidez potencial e o teor de matéria orgânica do solo. Realizou-se a análise de componentes principais usando o procedimento PRINCOMP e análise de agrupamentos utilizando o procedimento CLUSTER. As médias dos atributos químicos foram comparadas utilizando o teste de Tukey (p<0,05). Concluiu-se que o manejo/uso do solo interfere diretamente nos atributos químicos e físicos do solo. O estoque de carbono e o diâmetro médio de agregados úmidos e secos são superiores em área de mata preservada. Os atributos físicos e químicos mostram-se como bons indicadores na avaliação do processo de degradação do solo.

PALAVRAS CHAVE: Fertilidade do solo. Degradação. Qualidade do solo. Potencial agrícola.

Resumen

La degradación de suelos es un problema que se ha instalado en varios países, principalmente con la reducción de la cobertura natural para la implementación de cultivos agrícolas. En Brasil, esta degradación aparece más marcadamente en la región semiárida nororiental porque tiene características que favorecen este proceso. Así, el objetivo de este estudio fue evaluar los atributos físicos y químicos del suelo en áreas bajo diferentes condiciones de uso en la región semiárida de Paraíba. El estudio fue realizado en el municipio de São João do Cariri (7°23'27" O, 36°32'2" S), ubicado en el núcleo de desertificación de Cariris Velhos. Se recolectaron muestras de suelo de los siguientes tratamientos: 1) Vegetación nativa (VN); 2) Área cultivada (AC) y 3)

Área en proceso de degradación (APD), en las capas de 0-5, 5-10 y 10-20 cm de profundidad. Las variables de respuesta analizadas fueron: densidad del suelo y de las partículas, porosidad total, estabilidad de los agregados, pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Na⁺, acidez potencial y contenido de materia orgánica del suelo. El análisis de componentes principales se realizó mediante el procedimiento PRINCOMP y el análisis de conglomerados mediante el procedimiento CLUSTER. Las medias de los atributos químicos se compararon mediante la prueba de Tukey (p<0,05). Se concluye que el manejo/uso del suelo interfiere directamente con los atributos químicos y físicos del suelo. Las reservas de carbono y el diámetro promedio de los agregados húmedos y secos son mayores en las áreas de bosques preservados. Los atributos físicos y químicos se muestran como buenos indicadores en la evaluación del proceso de degradación del suelo.

PALABRAS CLAVE: Fertilidad del suelo. Degradación. Calidad del suelo. Potencial agrícola.

Abstract

Land degradation is a problem that has been installed in several countries, mainly with the reduction of natural cover for the implementation of agricultural crops. In Brazil, this degradation appears more markedly in the northeastern semi-arid region because it presents characteristics that favor this process. Thus, the objective of this study was to evaluate the physical and chemical attributes of the soil in areas under different conditions of use in the semi-arid region of Paraíba. The study was carried out in the municipality of São João do Cariri (7°23'27" W, 36°32'2" S), located in the Cariris Velhos desertification nucleus. Soil samples were collected from the following treatments: 1) Native vegetation (NV); 2) Cultivated area (CA) and 3) Area in process of degradation (APD), in the layers of 0-5, 5-10 and 10-20 cm of depth. The response variables analyzed were: soil and particle density, total porosity, aggregate stability, pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Na⁺, potential acidity and soil organic matter content. Principal component analysis was performed using the PRINCOMP procedure and cluster analysis using the CLUSTER procedure. Means of chemical attributes were compared using Tukey's test (p<0.05). It is concluded that soil management/use directly interferes with the chemical and physical attributes of the soil. The carbon stock and the average diameter of wet and dry aggregates are higher in preserved forest areas. The physical and chemical attributes are shown to be good indicators in the evaluation of the soil degradation process.

KEYWORDS: Soil fertility. Degradation. Soil quality. Agriculture potential.

1. Introdução

A realização de práticas de manejo do solo sem o devido levantamento prévio do seu potencial agrícola, tem favorecido a degradação dos serviços ecossistêmicos fundamentais para a sobrevivência do homem. O semiárido nordestino é uma região com rica biodiversidade e uma das mais densamente povoadas do mundo, quando comparada as demais regiões que apresentam características climáticas semelhantes (SANTOS et al., 2016). A vegetação típica é a Caatinga, que se encontra atualmente em acentuado processo de degradação, ocasionado, principalmente, pelo desmatamento desenfreado e o uso inadequado dos recursos naturais, restando, atualmente, menos de 50% de sua cobertura vegetal original (CORREIA, 2010). Esse processo é intensificado pela baixa fertilidade natural de seus solos, pedregosidade, déficit hídrico, profundidade do solo efetiva relativamente baixa e, o acentuado problema de drenagem (RIBEIRO et al., 2009). Estudos recentes revelam que a degradação do solo em ambiente semiárido tende a alterar a comunidade microbiana, como também, reduz as funções relacionadas a dinâmica de carbono no solo (PEREIRA et al., 2022) e acentua a perda de solo por ocasião da sazonalidade climática (SILVA et al., 2021) E conversão da caatinga em pastagens e campos agrícolas (SANTOS et al., 2021).

Algumas classes de solo apresentam maior ou menor susceptibilidade ao processo erosivo, e muitas vezes isto resulta em perda do solo, que por sua vez, contribui para favorecer os processos de desertificação (RIBEIRO et al., 2009). Assim, a conservação da vegetação implica em uma maior abundância e diversidade de espécies e grupos, responsáveis pela ciclagem de nutrientes e manutenção dos ecossistemas. Comparado a sistemas manejados, a manutenção da caatinga preservada contribui com o aumento do estoque de carbono e nutrientes no solo (SANTANA et al., 2022). Portanto, alterações no ambiente resultarão em mudanças nessas comunidades, promovendo alterações nos ciclos dos elementos (CORREIA, 2010). Estudos indicam que 94% do território do Nordeste brasileiro está sob moderada ou alta suscetibilidade à desertificação, com um aumento de 83,4 km² entre os anos de 2000 e 2010 (VIEIRA et al., 2015). Essas alterações já se encontram visíveis no estado da Paraíba, onde parte de seu território está suscetível ao processo de desertificação. Segundo o projeto MAPBIOMAS, de 1985-2020 foram perdidos, aproximadamente, 0,3 milhões de hectares da vegetação nativa da Caatinga no Nordeste brasileiro, sendo que 0,28 milhões de hectares se concentraram em 45 municípios do estado da Paraíba classificados como áreas suscetíveis à desertificação (MAPBIOMAS, 2022).

Tendo em vista a busca pela sustentabilidade, torna-se importante o desenvolvimento de critérios de avaliação e o estabelecimento de metodologias de monitoramento do efeito das atividades humanas com o objetivo de reorientá-las. Segundo (BARETTA, 2007), o uso de indicadores de qualidade do solo em conjunto com a análise estatística pode auxiliar o pesquisador na interpretação dos resultados. Estes indicadores devem ser vistos como uma ferramenta de informação que personificam um aspecto particular do objeto de interesse que queremos avaliar e, que são capazes de refletir o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema e podem ser classificados em três principais tipos de indicadores: os físicos, os químicos e os biológicos (ARAÚJO; MONTEIRO, 2017).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos físicos e químicos do solo em áreas sob diferentes condições de uso no Semiárido paraibano afetadas pelo processo de degradação.

2. Material e Métodos

O estudo foi realizado no município de São João do Cariri (7°23'27" W, 36°32'2" S; com 449 metros de altitude), mesorregião da Borborema e microrregião do Cariri Oriental, sob a litologia cristalina e contempla uma das principais classes identificadas na região, Luvisolo Crômico Vértico, de classificação textural Franco Arenosa (SANTOS et al., 2018), (Tabela 1). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Bsh' semiárido quente, com chuvas de verão (PIERI et al., 2015) e o bioclima 2b de Gaussen variando de 9 a 11 meses secos, denominado subdesértico quente de tendência tropical (ARAÚJO et al., 2008). A temperatura média mensal máxima de 27,2°C e mínima de 23,1°C e umidade relativa do ar de 70 %, precipitação pluviométrica da área de 522,6 mm ano⁻¹ (BELTRÃO et al., 2005).

Tabela 1. Análise granulométrica, argila dispersa em água, grau de floculação e classificação textural para solo sob diferentes condições de uso no semiárido da Paraíba.

Área	Classe Textural			Argila Dispersa	Grau de Floculação	Classificação Textural
	Areia	Silte	Argila			
	----- g kg ⁻¹ -----					
Vegetação Nativa	593 b	287 a	120 a	45 a	610 a	Franco Arenoso
Cultivada	724 a	214 b	62 b	27 b	551 a	Franco Arenoso
Degradada	634 b	270 a	96 ab	29 b	657 a	Franco Arenoso
C.V. (%)	0,16	0,48	1,64	5,72	0,38	

Médias seguidas das mesmas letras na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O estudo foi realizado em três áreas distintas localizadas no município de São João do Cariri, que está incluído no núcleo de desertificação denominado Cariris Velhos (PEREZ-MARIN et al., 2012). Os

tratamentos foram dispostos pela seleção de áreas com as seguintes características: 1) Vegetação nativa (VN); 2) Área cultivada (AC) e 3) Área em processo de degradação (APD). As amostras de solo foram coletadas durante a estação seca, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade e foram destorroadas manualmente e colocadas para secar à sombra e ao ar (TFSA). Após secagem, as amostras de solo foram submetidas as análises físicas e químicas do solo

A separação dos agregados secos e o diâmetro médio ponderado dos agregados secos (DMPAs) foram obtidos conforme (SILVA; MIELNICZUK, 2007), enquanto a separação dos agregados por via úmida e a determinação do diâmetro médio ponderado por via úmida (DMPAu), seguiu a metodologia de (TISDALL et al., 1978), modificado por (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990). O índice de estabilidade das unidades estruturais de agregados do solo por via úmida foi calculado através da relação entre o diâmetro médio ponderado dos agregados úmidos e o diâmetro médio ponderado dos agregados secos (DMPAu/DMPAs) (SILVA; MIELNICZUK, 1997).

As demais determinações físicas foram realizadas conforme procedimentos contidos no manual de métodos de análises de solo (TEIXEIRA et al., 2017). A análise granulométrica do solo foi realizada pelo método do hidrômetro de Bouyoucos, utilizando o hidróxido de sódio (NaOH) a 1 mol L⁻¹ como dispersante químico, mais agitação mecânica como dispersante físico. A argila dispersa em água (ADA) foi determinada pelo método da densimetria, sem o uso do dispersante químico. O grau de floculação do solo (GF) foi obtido com uso da seguinte expressão: $GF = [(Arg - Arg_{H_2O})/Arg] \times 1000$, em que GF é o grau de floculação do solo (g kg⁻¹); Arg é a fração de argila dispersa em hidróxido de sódio (NaOH 1 mol L⁻¹) (g kg⁻¹); e Arg_{H₂O} é a fração da argila dispersa em água (g kg⁻¹). A densidade do solo foi obtida pelo método do torrão parafinado (BLAKE; HARTGE, 1986). Já para determinação da densidade de partículas empregou-se o método do balão volumétrico (TEIXEIRA et al., 2017). A porosidade total foi estimada por meio da expressão: $PT = \phi = (1 - D_s/D_p) \times 100$, onde PT é a porosidade total (m³ m⁻³), D_s é a densidade do solo e D_p densidade de partículas (g cm⁻³) (FLINT; FLINT, 2002).

Os atributos químicos do solo foram determinados conforme os procedimentos descritos em (TEIXEIRA et al., 2017) nas amostras de TFSA para as seguintes determinações: pH; P; K; H+Al³⁺; Al³⁺; Ca⁺²+Mg⁺²; Ca⁺². O Carbono orgânico do solo (COS) foi determinado por oxidação da matéria orgânica via úmida, utilizando o dicromato de potássio 0,167 mol L⁻¹ em meio sulfúrico, conforme metodologia descrita por Yeomans e Bremner (1988). Foram obtidos também os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC); porcentagem de saturação de base (V%) e saturação por alumínio (m) e sódio (PST).

Os resultados obtidos na determinação dos atributos físicos e químicos do solo foram avaliados por meio da análise de componente principal (ACP) e o teste de Tukey a 5% de probabilidade. O autovalor da matriz de correlação foi considerado até 0,70, conforme critério de Jolliffe (JACKSON, 1991). As análises foram processadas no software SAS versão 9.3 (SAS, 2011), usando o procedimento PRINCOMP. Também foi realizada análise de agrupamentos, utilizando-se o procedimento CLUSTER.

3. Resultados e Discussão

A análise de componentes principais aplicada na matriz de correlações dos atributos químicos e físicos do solo nas áreas estudadas, possibilitou a identificação de seis componentes principais, no entanto, os componentes CP₁ e CP₂ representam 75,80% da variância total das características originais (Tabela 2). O CP₁ explicou 47,8% da variabilidade total do conjunto de dados e CP₂ 27,9%.

Tabela 2. Autovalores e percentual da variância pela Análise dos Componentes Principais para solo sob diferentes condições de uso no semiárido da Paraíba.

Componentes Principais	Autovalores	Percentual (%)	Acumulado (%)
1	13.3873946	47,8	47,8
2	7.8345665	27,9	75,7
3	2.7328587	9,7	85,5
4	1.7594221	6,2	91,8

5	0.9848410	3,5	95,3
6	0.6572223	2,3	97,7

O primeiro componente principal (CP₁) representa o pH (H₂O), cálcio, magnésio, cálcio + magnésio, acidez potencial, areia grossa, areia média, areia fina, areia total, silte, argila, densidade de partícula, diâmetro médio ponderado de agregado seco, macroagregado e microagregado seco. Já o segundo componente principal (CP₂) representa o fósforo, potássio, matéria orgânica, areia muito grossa, areia muito fina, diâmetro médio ponderado de agregado úmido, macroagregado e microagregado úmido. Esses atributos químicos e físicos representam os autovetores de maiores coeficientes para cada componente principal (Tabela 3).

Tabela 3. Correlação entre os atributos químicos e físicos do Luvissole Crômico vertico sob diferentes condições de uso para os componentes principais (CP₁) e (CP₂).

Atributos químicos e físicos do solo	Autovetores	
	CP ₁	CP ₂
pH (H ₂ O)	0,239*	-0,043
Fósforo (P)	0,0617	0,253*
Potássio (K ⁺)	0,0006	0,270*
Sódio (Na ⁺)	0,0507	-0,134
Cálcio (Ca ²⁺)	0,229*	-0,158
Magnésio (Mg ²⁺)	0,228*	0,082
Cálcio + Magnésio (Ca ²⁺ + Mg ²⁺)	0,253*	-0,058
Alumínio trocável (Al ³⁺)	0,146	-0,093
Acidez potencial (H ⁺ Al ³⁺)	-0,202*	-0,192
Matéria orgânica (M.O)	0,008	0,344*
Areia muito grossa (AMG)	-0,121	0,301*
Areia grossa (AG)	-0,197*	0,168
Areia média (AM)	-0,260*	0,018
Areia fina (AF)	-0,216*	-0,155
Areia muito fina (AMF)	-0,032	-0,320*
Areia total (AT)	-0,262*	-0,059
Silte (SI)	0,260*	0,008
Argila (ARG)	0,235*	0,111
Argila natural (AN)	0,189	0,194
Grau flocculação (GF)	0,124	-0,080
Densidade solo (DS)	0,064	-0,130
Densidade partícula (DP)	0,207*	-0,101
DMPAu	-0,0006	0,305*
DMPAs	0,247*	0,093
Macroagregado úmido	-0,105	0,293*
Microagregado úmido	0,105	-0,293*
Macroagregado seco	0,238*	0,118
Microagregado seco	-0,238*	-0,118
Índice de estabilidade agregados (IEA)	-0,224*	0,099

*Autovetores das variáveis com maior correlação em cada componente principal. DMPAu: Diâmetro médio ponderado de agregado úmido DMPAs: Diâmetro médio ponderado de agregado seco.

Um aumento no valor das bases trocáveis promoverá diminuição nos valores de acidez potencial, assim como, um aumento nos valores de DMPAs acarretará diminuição nos valores de IEA. Quanto ao segundo componente (CP₂) existe um sinergismo entre o P e o K⁺. A matéria orgânica e a areia muito grossa apresentam os maiores coeficientes e de mesmo sinal (Figura 2A). A intercorrelação entre os atributos do solo é demonstrada pelos ângulos entre as setas e a importância destes atributos pelo comprimento das setas. O grau com que o atributo se correlaciona com o eixo é determinado pelo ângulo formado entre determinada seta e o eixo de ordenadas (MELÉM JÚNIOR et al., 2008).

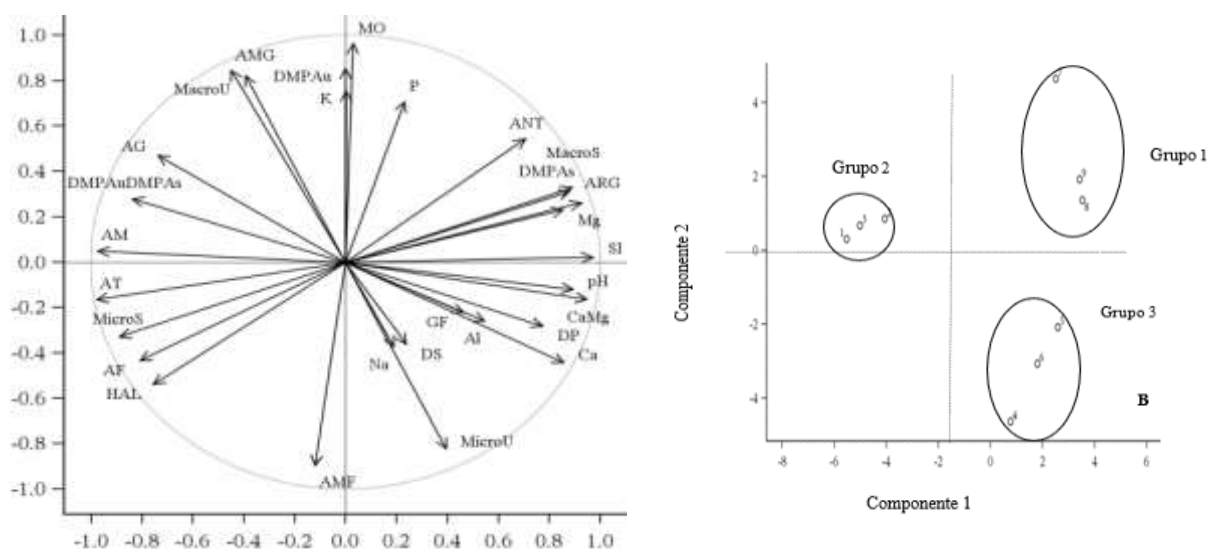


Figura 1. Análise de componentes principais (ACP): (A) diagrama de ordenação dos atributos físicos e químicos do Luvisolo Crômico vertico sob diferentes condições de uso; (B) diagrama de agrupamento das áreas de acordo com a profundidade de amostragem do solo. São João do Cariri.

Grupo 1 – Vegetação nativa; Grupo 2 – Área cultivada; Grupo 3 – Área em Processo de Degradação.

Quanto à análise de agrupamento (Figura 1B), foi realizada considerando os escores dos componentes CP1 e CP2. Nas figuras 1A e 1B observa-se que, o grupo 1 caracterizou-se pelos altos valores de matéria orgânica, potássio, fósforo, magnésio, argila natural e diâmetro médio ponderado de agregado seco. O grupo 2 apresentou elevado índice de estabilidade de agregados (IEA), diâmetro médio ponderado de agregados úmidos, macroagregado úmido, acidez potencial, areia grossa, areia muito grossa, areia média e areia fina, ou seja, foi influenciado pelos maiores valores desses atributos quando comparados com as demais áreas. O grupo 3 apresentou maiores valores de cálcio, cálcio + magnésio, microagregado úmido e areia muito fina. O grupo 1 representa a área de vegetação nativa, o 2 aglomera a área cultivada, já o grupo 3 compreende a área degradada.

O pH do solo nas diferentes condições estudadas variou de acidez fraca a levemente alcalino (Tabela 4), estando dentro da faixa ótima para o desenvolvimento de diversas culturas (GIONGO; CUNHA, 2022). Foi possível observar que não houve diferença entre as áreas estudadas; contudo, a área cultivada apresentou diferenças de pH entre as profundidades analisadas sendo que o pH na profundidade 0-5 cm apresentou maior valor em torno de 6,6. Maiores valores de pH contribuem para diminuição nos teores de acidez potencial ($H+Al^{3+}$) e acidez trocável (Al^{3+}); que são considerados tóxicos às plantas (PORTUGAL et al., 2010).

Observando os valores de K^+ (Tabela 4), de modo geral, para área sob vegetação nativa esse foi classificado, de acordo com (RIBEIRO et al., 1999), como muito bom na camada de 0-5 cm e bom nas duas últimas camadas estudadas (5-10 e 10-20 cm). O K^+ foi superior na área sob vegetação nativa, porém inferior na área degradada. Na área cultivada esses valores diminuíram à medida que aumentou a profundidade. Quanto aos valores de K^+ nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, nas duas superiores foi possível classificá-lo como muito bom e, na camada de 10-20 cm, bom. Já na área degradada o teor de K^+ é considerado bom nas duas primeiras profundidades e baixo na profundidade de 10-20 cm.

Tabela 4. Atributos químicos do solo sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem.

Áreas	Prof.	pH	K^+	Na^+	Al^{3+}	M.O.	PST
-------	-------	----	-------	--------	-----------	------	-----

	cm	- H ₂ O -	mg dm ⁻³	---- cmol _c dm ⁻³ ----		- g kg ⁻¹ -	-- % --
Vegetação nativa	0-5	7,12 Aa	301,33 Aa	0,02 ABa	0,21 ABa	22,46 Aa	0,27 ABa
	5-10	6,94 Aa	185,94 Ba	0,01 Bb	0,55 Aa	13,86 Ba	0,07 Bb
	10-20	7,01 Aa	120,09 Ca	0,04 Aa	0,07 Ba	13,62 Ba	0,52 Aa
Área Cultivada	0-5	6,59 Ab	181,19 Ab	0,01 ABa	0,07 Aa	10,55 Ab	0,32 Ba
	5-10	6,38 ABb	133,75 Ba	0,03 Aa	0,15 Ab	10,75 Aa	0,76 Aa
	10-20	6,28 Bb	112,80 Ba	0,01 Bb	0,09 Aa	10,56 Aa	0,16 Ba
Área em Processo de Degradação	0-5	6,95 Aab	122,84 Ab	0,02 ABa	0,40 Aa	1,79 Ac	0,43 Aa
	5-10	7,10 Aa	66,62 Bb	0,01 Aa	0,22 Aab	1,77 Ab	0,57 Aa
	10-20	7,04 Aa	41,45 Bb	0,04 Bb	0,36 Aa	1,99 Ab	0,20 Aa
C.V. (%)		8,92	0,80	40,12	39,31	10,05	16,71

C.V. coeficiente de variação; Médias seguidas das mesmas letras na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Dados da pesquisa.

Na avaliação do Na⁺ (Tabela 4), observou-se valores semelhantes na área degradada e na vegetação nativa, variando de 0,01 a 0,04 cmol_c dm⁻³. Na área cultivada os valores variaram de 0,01 a 0,03 cmol_c dm⁻³. O sódio do complexo de troca apresentou baixos teores nas áreas. Neste caso, observa-se que os solos avaliados nesse estudo não apresentaram caráter solódico ou sódico de acordo com a classificação de (RIBEIRO et al., 1999). Em relação ao teor de Al³⁺ (Tabela 4), os valores variaram significativamente nas áreas avaliadas, porém sem apresentar nenhum problema ao solo, considerado um teor baixo, com variação de 0,07 a 0,55 cmol_c dm⁻³ (RIBEIRO et al., 1999). A área de vegetação nativa foi onde ocorreu maior variação, na camada de 0-5 cm, com o teor sendo considerado baixo. Já para a camada de 5-10 cm, foi considerado como médio e, muito baixo na camada de 10-20 cm. Na área cultivada os valores foram considerados muito baixos, em todas as profundidades avaliadas. Na área degradada, verifica-se valores baixos nas três profundidades.

Pode-se observar que houve uma grande variação dentro das profundidades como também entre as áreas. Os níveis de alumínio podem comprometer o crescimento vegetal, afetando o desenvolvimento do sistema radicular e influenciando, de diversas formas na absorção e disponibilidade de nutrientes, portanto, torna-se um fator limitante ao desenvolvimento dos vegetais (RIBEIRO et al., 1999). Os teores de matéria orgânica na área sob vegetação nativa foram superiores aos das áreas cultivada e degradada. Esse resultado ocorre em função da preservação e maior quantidade de serrapilheira da mata, bem como da ausência de mobilização do solo. Para (FRANCELINO et al., 2005), os maiores teores de matéria orgânica no solo da vegetação nativa são decorrentes do aporte de resíduos vegetais ao solo. Mudança no uso do solo acelera a oxidação da matéria orgânica, o que pode ser observado nas áreas cultivada e degradada apenas na profundidade de 0-5 cm. O teor de matéria orgânica encontra-se muito alto nas áreas de vegetação nativa e cultivada (RIBEIRO et al., 1999). Segundo Santos et al. (2021), a perda de matéria orgânica em solos semiáridos se dá pela queima de resíduos vegetais, perdas contínuas durante o cultivo, remoção da madeira, aumento de erosão e, decomposição da MOS pela ação da temperatura e elevação da atividade biológica.

O teor de matéria orgânica do solo na camada de 0-5 cm de profundidade, na área de vegetação nativa foi superior à área cultivada. O mesmo foi verificado por Santos et al. (2021) e Andrade et al. (2020). Esse resultado decorre da presença de folhas, raízes e outros resíduos vegetais presentes no solo. Na área cultivada, o maior teor de COS foi observado na camada de 5-10 cm, porém não diferindo das demais camadas. Isso pode ser explicado devido ao tipo de manejo que foi aplicado ao solo. Na área degradada, a concentração de matéria orgânica está relacionada ao solo sem cobertura vegetal. Os teores de matéria orgânica em áreas degradadas geralmente são baixos, devido principalmente à falta de cobertura vegetal. A área degradada avaliada nesse trabalho apresentou valores baixos de matéria orgânica (RIBEIRO et al., 1999). A deposição de MOS geralmente ocorre na superfície, por isso não difere entre os diferentes tratamentos avaliados com o aumento de profundidade, como visto por Ribeiro et al. (2021). No bioma Caatinga 72,1% do COS está armazenado na MOS, 15,9% na biomassa acima do

solo, 7,3% biomassa abaixo do solo, 2,9% madeira morta, 1,3% na serapilheira e 0,5% na biomassa herbácea (MENEZES et al., 2021). Contudo, o solo sob o bioma Caatinga é relativamente sensível e a substituição da vegetação por pastagem e/ou lavoura pode ocasionar a perda de até 50% do C estocado, o que equivale a cerca de 65 Mg ha⁻¹ de perdas de C para o ambiente.

Os teores de P, Ca⁺², Mg⁺², Ca⁺²+Mg⁺² e H+Al⁺³, podem ser observados na Tabela 4 e Tabela 5. O teor de fósforo na área sob vegetação nativa foi considerado muito alto, na área cultivada foi baixo e na área degradada muito baixo (Tabela 5). Em relação às profundidades, o teor do P diminuiu à medida que aumentou a profundidade (Tabela 5). A deficiência de P é apontada como uma das principais limitações encontradas nos solos do semiárido para o crescimento vegetal (FRANCELINO et al., 2005). Zaia et al. (2008) observaram que em sistemas com elevado teor de carbono orgânico do solo, como no solo sob florestas, o P orgânico encontra-se em grande parte em sua forma lábil, por isso os teores de P disponível foram maiores na área de vegetação nativa em relação as áreas cultivada e degradada. Apesar de serem reconhecidos como pobres em P, os solos da Caatinga são diversos quanto as classes, e essa diversidade indica que nesse ambiente a concentração do P pode variar espacialmente, destacando teores altos nos Neossolos Flúvicos e Vertissolos (SILVEIRA et al., 2006).

Os valores de Ca⁺² e Mg⁺² foram mais elevados na área sob vegetação nativa e na área degradada (Tabela 5). Para a área degradada o teor de Ca⁺² no solo foi considerado muito bom, de acordo com (RIBEIRO et al., 1999). Uma das explicações é que muitos desses solos contêm no perfil depósitos secundários de carbonato de cálcio (CaCO₃) ou de sulfato de cálcio (CaSO₄) (BRITO, 2010). O teor de Ca⁺² aumentou com elevação de profundidade da camada avaliada (Tabela 6), sendo classificado como bom.

Tabela 5. Atributos químicos do solo sob diferentes condições de uso.

Tratamentos	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H+Al ⁺³
	mg dm ⁻³	-----	cmol _c dm ⁻³ -----	
Vegetação nativa	36,39 a	3,93 a	2,39 a	0,39 a
Área Cultivada	19,47 ab	2,57 b	0,84 b	0,78 a
Área em Processo de Degradação	14,11 b	4,69 a	1,65 a	0,67 a
C.V. (%)	4,36	32,33	46,85	9,26

Médias seguidas das mesmas letras na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Dados da pesquisa.

O teor de Mg⁺² foi considerado muito bom na vegetação nativa e degradada, e médio na área cultivada (Tabela 5). Em profundidade o Mg⁺² apresentou resultado muito bom com exceção da camada de 0-5 cm que foi considerado bom; porém, não diferiu entre as profundidades (Tabela 6). Os elevados teores de Ca⁺² e Mg⁺² podem ser atribuídos à condição natural dos solos da região estudada, tendo em vista, que é uma característica típica dessa região apresentar altos teores de bases trocáveis.

Tabela 6. Atributos químicos do solo avaliados em diferentes profundidades.

Profundidade	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H+ Al ⁺³
cm	mg dm ⁻³	-----	cmol _c dm ⁻³ -----	
0 - 5	33,25 a	3,36 b	1,37 a	0,60 a
5 - 10	21,78 b	3,61 ab	1,60 a	0,62 a
10 - 20	14,21 b	4,00 a	1,77 a	0,65 a
C.V. (%)	4,36	32,33	46,85	9,26

Médias seguidas das mesmas letras na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados de acidez potencial (H+Al⁺³) foram considerados muito baixos, para as três áreas e as camadas avaliadas, não apresentando diferença estatística significativa (Tabela 5 e 6). Como o pH do

solo dessas áreas variou em torno de 7,0 (Tabela 4), pode-se inferir que não há presença significativa de Al^{3+} na forma disponível e que a contribuição para a acidez potencial ocorreu, basicamente, através dos complexos orgânicos que liberaram íons H^+ para o meio.

4. Conclusões

A área sob vegetação nativa apresenta maior quantidade de macroagregados secos, contudo, os macroagregados separados por via úmida foram superiores nas áreas cultivadas e vegetação nativa. Os teores de Cálcio e Magnésio foram mais elevados na área sob vegetação nativa e degradada e menor na área cultivada. Os teores Fósforo e Potássio também foram superiores na área sob vegetação nativa, porém bem inferior na área degradada;

O carbono do solo está mais preservado na área sob vegetação nativa e menos preservado na área degradada. O manejo/uso do solo tem interferência direta em atributos físicos e químicos do solo, que por sua vez quando aplicados de maneira inadequados poderão contribuir para a degradação do solo.

Atributos físicos como macroagregados, diâmetro médio ponderado de agregados secos (DMPAs), diâmetro médio ponderado de agregados úmidos (DMPAu) e atributos químicos como carbono e teores de P e K demonstram-se bons indicativos para percepção do processo de degradação do solo.

Referências

ANDRADE, E. M.; VALBRUM, W.; ALMEIDA, A. M. H.; ROSA, G. R.; SILVA, A. G. R. Land-use effect on soil carbon and nitrogen stocks in a seasonally dry tropical forest. **Agronomy-Basel**, v. 10, n. 2, p. 1-14, 2020.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2017.

ARAÚJO, K. D.; ANDRADE, A. P.; RAPOSO, R. W. C.; ROSA, P. R. O.; PAZERA JÚNIOR, E. Índices de aridez aplicado ao Semi-árido paraibano: De Martonne, Lang, Meyer, CCD e Xerotérmico (Gausson). **Geoambiente On-line**, v. 10, n. 1, p. 164-176, 2008.

BARETTA D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como bioindicadores de qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo**. 158f. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Brasil, 2007.

BELTRÃO, B. A.; MORAIS, F.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; SOUZA JÚNIOR, L. C.; MENDES, V. A. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município São João do Cariri, estado da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM; 2005. 21p.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5.1. 2nd. Ed. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p. 363-375.

BRITO, M. T. L. **Avaliação espacial de atributos químicos do solo no semiárido**. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil, 2010.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.

CORREIA, K. G. **Biota do solo e atividade microbiana de áreas em diferentes estágios sucessionais e aspectos socioeconômicos no município de Santa Terezinha, PB**. 143f. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil, 2010.

FLINT, A. L.; FLINT, L. C. Particle Density. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. **Methods of soil analyses: Part 4 Physical Methods**. Madison: Soil Science Society of America, 2002. p. 229-240.

FRANCELINO, M. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; RESENDE, M. Elaboração de um sistema de classificação da capacidade de suporte em ambiente semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 83-91, 2005.

GIONGO, V.; CUNHA, T. J. F. **Sistema de produção de melão: manejo do solo**. [Internet]. Petrolina: Embrapa. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelao/manejo_do_solo.html. Acesso em 04 mai 2022.

JACKSON, J. E. **A user guide to principal components**. New York: John Wiley & Sons, 1991. 592p.

MARTINS, A. F.; VARGAS, L. K.; LISBOA, B. B.; SAMPAIO, J. A. T.; ARAÚJO, J. H. B.; TURCATEL, A. T.; DIEMER, G. D.; SÁ, E. L. S. Diversidade genética, tolerância aos fatores de acidez e eficiência simbiótica de rizóbios para cornichão de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 1855-1864, 2011.

MELÉM JÚNIOR, N. J.; FONSECA, I. C. B.; BRITO, O. R.; DECAËNS, T.; CARNEIRO, M. M.; MATOS, M. F. A.; GUEDES, M. C.; QUEIROZ, J. A. L.; BARROSO, K. O. Análise de componentes principais para avaliação de resultados analíticos da fertilidade de solos do Amapá. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 499-506, 2008.

MENEZES, R. S. C. et al. Soil and vegetation carbon stocks anfter land-use changes in the seasonally dry tropical forest. **Geoderma**, v. 390, e114943, 2021.

PEREIRA, A. P. A.; MENDES, L. W.; OLIVEIRA, F. A. S.; ANTUNES, J. E. L.; MELO, V. M. M.; ARAÚJO, A. S. F. Land degradation affects the microbial communities in the Brazilian Caatinga biome. **Catena**, v. 211, 105961, 2022.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S. S.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: Ocorrência natural ou antrópica? **Parceria Estratégica**, v. 17, n. 34, p. 87-106, 2012.

PIERI, A. B.; VON HARDENBERG, J.; PARODI, A.; PROVENZALE, A. Sensitivity of Precipitation Statistics to Resolution, Microphysics, and Convective Parameterization: A Case Study with the High-Resolution WRF Climate Model over Europe. **Journal of Hydrometeorology**, v. 16, n. 1, p. 1857-1872, 2015.

PORTUGAL, A. F.; JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C. E. R. G.; NEVES, J. C. L. Estabilidade de agregados em Argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, v. 57, n. 4, p. 545-553, 2010.

PROJETO MAPBIOMAS. **Deforestation, fires and shriking water surface increase te risk of the desertification of the Caatinga**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/en/deforestation-fires-and-shrinking-water-surface-increase-the-risk-of-desertification-of-the-caatinga>. Acesso em: 19 mai. 2022.

- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 360p.
- RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GALINDO, I. C. L. Os solos e o processo de desertificação no semiárido brasileiro. In: RIBEIRO, M. R.; NASCIMENTO, C. W. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; CANTALICE, J. R. B. (Eds.). **Tópicos em Ciências do Solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 413-459.
- SANTANA, M. S.; ANDRADE, E. M.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FERREIRA, T. O.; SALVIANO, A. M.; SILVA, D. S.; CUNHA, T. J. F.; GIONGO, V. Do agroecosystems change soil carbono and nutriente stocks in a semiarid environment. **Journal of Arid Environments**, v. 201, 104747, 2022.
- SANTOS, A. S.; AQUINO, C. M. S. Panorama da desertificação no Nordeste do Brasil: Características e sustentabilidade. **InterEspaço: Revista de Geografia e Sustentabilidade**, v. 2, n. 7, p. 1114-161, 2016.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. Á.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 286p.
- SANTOS, U. J.; SAMPAIO, S. B. E. V.; ANDRADE, E. M. Nitrogen stocks in soil classes under different land uses in the Brazilian semiarid region. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 21, n. 1, p. 1621-1630, 2021.
- SAS STATISTIC. **Programa SAS (Versão9.3)**. Atlanta: SAS Institute Inc, 2011.
- SILVA, C. V. T.; ANDRADE, E. M.; LEMOS FILHO, L. C. A.; RIBEIRO FILHO, J. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, H. S. Temporal dynamics of soil susceptibility to erosion in semi-arid watersheds. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 43, n. 1, e51378, 2021.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 1, p. 113-117, 1997.
- SILVEIRA, M. M. L.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Distribuição de fósforo em diferentes ordens de solo do Semiárido da Paraíba e Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 281-291, 2006.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 230p.
- TISDALL, J. M.; COCKOFT, B.; UREN, N. C. The stability of soil aggregates as affected by organic materials microbial activity and physical disruption. **Australian Journal of Soil Research**, v. 16, n. 1, p. 9-17, 1978.
- VIEIRA, R. M. S. P. et al. Identifying áreas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, v. 3, n. 1, p. 347-360, 2015.
- 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. 1, p. 1467-1476, 1988.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Formas de fósforo no solo sob leguminosas florestais, floresta secundária e pastagem no Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1191-1197, 2008.

Recebido em: 19/05/2022

Aceito em: 01/06/2022

Endereço para correspondência:

Nome: Denízia Ribeiro da Silva

E-mail: denizia_ufpb@yahoo.com.br



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