

Indicadores da qualidade do solo, em sistema de rotação, na Chapada do Apodi – CE¹

Indicators of soil quality in rotation system at the Plateau of Apodi - CE

Jamili Silva Fialho^{2,*}, Vânia Felipe Freire Gomes³, Teógenes Senna de Oliveira³ e José Maria Tupinambá da Silva Júnior⁴

Resumo – Avalia as alterações no número de esporos dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e atividade enzimática em solo sob sistema de rotação milho e soja, na Chapada do Apodi, Limoeiro do Norte - CE. Testou-se a hipótese de que o uso agrícola causa alterações ambientais que reduzem a presença desses fungos e atividade microbiana, em relação à vegetação natural. Selecionou-se uma área sob cultivo de rotação milho e soja e seu controle (vegetação natural). Coletaram-se amostras de solo em 3 profundidades (0 a 5; 5 a 15 e 15 a 25 cm). Realizaram-se análises físicas, químicas e microbiológicas. Observou-se uma elevação no teor de argila, com o aumento da profundidade na área de vegetação natural. Os riscos potenciais de salinidade e saturação por sódio, aparentemente, são desprezíveis. O manejo reduziu o nitrogênio e o carbono orgânico total no solo da área sob cultivo. A população de fungos micorrízicos arbusculares foi mais elevada na profundidade de 0 a 5 cm do solo. A atividade e produção da arilsulfatase e da fosfatase ácida foram estimuladas pela competição dos ânions $H_2PO_4^-$ e SO_4^- pelos mesmos sítios de adsorção nos colóides do solo, na área de rotação milho e soja. A maior atividade da enzima β -glucosidase ocorreu na área cultivada, influenciada pela quantidade e qualidade do resíduo vegetal retornado ao solo.

Palavras-chave: β -glucosidase. Arilsulfatase. Fosfatase ácida.

Abstract - This work evaluated the changes in the number of spores of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and enzymatic activity, in soil under system of rotation maize and soy, in the Plateau of Apodi, Limoeiro of Norte-CE. The hypothesis was tested that the agricultural use, cause environmental alterations that reduce the presence of population of arbuscular mycorrhizal fungi and the microbial activity, in relation to the natural vegetation. An area under rotation culture was selected maize and soy and its control. Soil samples were collected in 3 depths (0 to 5; 5 to 15 and 15 to 25 cm). Physical, chemical and microbiological analyses were accomplished. An elevation was observed in the clay text, with the increase of the depth in the area of natural vegetation. The potential risks of salinity and of saturation for sodium, seemingly, they are worthless. The handling practices reduced the nitrogen and the total organic carbon in the soil of the area under cultivation. The population of arbuscular mycorrhizal fungi was more elevated in the depth of 0 to 5cm of the soil. The activity and production of the arylsulphatase and of the acid phosphatase were stimulated for the competition of the anions $H_2PO_4^-$ and SO_4^- for the same ranches of adsorption in the coloides of the soil, in the area of rotation maize and soy. The largest activity of the enzyme β -glucosidase happened in the cultivated area, influenced by the amount and quality of the vegetable residue come back to the soil.

Key words: β -glucosidase. Arylsulphatase. Acid phosphatase.

* autor para correspondência

Recebido para publicação em 03/04/2005; aprovado em 04/05/2008

¹ Parte do trabalho da primeira autora para obtenção do grau de Mestre em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE. 2005.

² Bióloga, M.Sc., Profa. da Faculdade de Tecnologia CENTEC, Campus do Pici – Bloco 807, CEP: 60.455.970, Fortaleza, CE, jamilifialho@yahoo.com.br

³ Engs. Agrônomos. D. Sc. Profs. do Dep. de Ciências do Solo, CCA/UFC, vaniafreire@ufc.br e teo@ufc.br

⁴ Eng. Agrônomo, M.Sc., Solos e Nutrição de Plantas, UFC, juniortupinamba@yahoo.com.br

Introdução

Uma conscientização crescente sobre qualidade ambiental vem sendo propagada em diversos ramos da sociedade resultante da necessidade de preservação do meio ambiente. Todos os componentes do meio ambiente são singulares, no entanto, neste trabalho, será tratado o solo, recurso natural vital para o funcionamento do ecossistema terrestre que representa um balanço entre os fatores físicos, químicos e biológicos (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

O manejo inadequado e intensivo do solo pode ocasionar um estado de degradação que, caso seja reversível, requer muito mais tempo e recurso para sua recuperação. Assim, faz-se necessário o monitoramento dos solos manejados com vista à preservação da sua qualidade para proporcionar produção contínua (FIALHO et al., 2006; FIALHO et al., 2005). As propriedades físicas, químicas e biológicas, atualmente consideradas como indicadores da qualidade do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007), são utilizadas como ferramentas deste monitoramento.

A qualidade do solo é a capacidade de um tipo específico de solo funcionar, dentro dos limites do ecossistema manejado ou natural, como sustento para a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade da água e ar e promover a saúde humana (TÓTOLA; CHAER, 2002). Entender e conhecer a qualidade do solo possibilita manejá-lo de maneira que funcione de forma ótima no presente e não seja degradado para uso futuro. Pelo monitoramento das mudanças na qualidade do solo, pode-se determinar se um conjunto de práticas é sustentável (FIALHO et al., 2006).

Assim, com base na carência de dados quanto aos indicadores biológicos e por sua sensibilidade em responder mais rapidamente às mudanças oriundas do manejo, este trabalho enfocou esse tipo de indicador (TRANNIN et al., 2007; FIALHO et al., 2006; FIALHO et al., 2005). Estudos relativos ao monitoramento das propriedades do solo são importantes para avaliar a sustentabilidade das práticas agrícolas e suprir

a ausência de dados; além de sinalizar o manejo adequado do ambiente visando à sua conservação e produtividade (XAVIER et al., 2006). O solo tem como função o suporte aos processos da vida, ou seja, promover suporte físico e nutrientes para as plantas, retenção e movimento da água, cadeias alimentares e funções reguladoras do ambiente, incluindo ciclagem de nutrientes e diversidade de macro e microrganismos.

O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações nas propriedades microbiológicas, químicas e físicas do solo de vegetação natural e sob cultivo em rotação de milho e soja na Chapada do Apodi, Ceará.

Material e métodos

A coleta das amostras foi conduzida na Chapada do Apodi, Limoeiro do Norte – CE, a aproximadamente 220 km de Fortaleza. A Chapada do Apodi caracteriza-se pela predominância de Cambissolos Latossólicos Eutróficos e encontra-se sob a influência de um clima semi-árido, com pluviosidade média anual de 550 a 940 mm e a temperatura média anual é de 23 °C.

A textura do solo é do tipo franco-argilosa. A vegetação é típica da caatinga arbórea e arbustiva densa, com trechos mais arbóreos e espinhosos, com diversos graus de densidade (CPMR, 1999). As amostras de solo deformadas foram coletadas nas profundidades: 0 a 5; 5 a 15 e 15 a 25 cm. Para cada profundidade foram coletadas 4 amostras compostas oriundas de 4 amostras simples homogeneizadas.

As análises físicas e químicas foram realizadas segundo Embrapa (1997). No entanto, a análise do carbono orgânico total (COT), pelo método de Walkley – Black, com aquecimento externo (YEOMANS; BREMNER, 1988). Como indicadores microbiológicos foram utilizados: número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares, pela técnica de peneiramento úmido de Gerdemann e Nicholson (1964) e atividade enzimática com base nas enzimas do solo: fosfatase ácida, arilsulfatase e β -glucosidase, segundo Tabatabai (1994).

O experimento foi analisado considerando-se um delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as áreas vegetação natural (VN) e rotação milho e soja (RMS) e nas subparcelas as profundidades. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e foram realizadas comparações de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Histórico das Áreas

Área VN – 5° 10' Sul e 37° 58' Oeste: sob vegetação natural, situada na Fazenda Faedo, ao lado da área cultivada com rotação de milho e soja. A vegetação está representada por aroeira, angico, pereiro, mororó, umburana e catingueiras (LIMA, 1989).

Área RMS – rotação milho e soja – 5° 10' Sul e 37° 59' Oeste: área situada na Fazenda Faedo, com 50 ha e sob cultivo em rotação com milho e soja desde 2002. Os cultivos anteriores foram de feijão, algodão e tomate. O cultivo da soja é convencional seguido do plantio de milho em cima da palhada da soja. Utilizou-se adubação de fundação para o cultivo da soja (400 kg de NPK, 10-28-20) e de cobertura (400 kg de uréia e 200 kg de sulfato de amônio). Quando necessário, fez-se adubação de cobertura com cloreto de potássio.

No preparo do solo foram realizados gradagem, subsolagem, nivelamento e cobertura morta (no inverno) e no pré-plantio, foram realizadas pulverizações com herbicida, inseticida e micronutrientes (adubação foliar). A área foi irrigada por pivot central durante 8 h, no intervalo de dois dias. A produção da soja esteve em torno de 3.000 kg ha⁻¹ e a do milho 30.000 espigas/ha.

Resultados e discussão

As médias referentes às propriedades físicas do solo são apresentadas na Tabela 1. Os teores de areia grossa na área RMS, de 0 a 5 cm, foram estatisticamente inferiores aos teores da área VN. A fração areia fina apresentou diferença estatística nas profundidades 0 a 5 e 15 a 25 cm, com valores superiores nas áreas VN e

RMS, respectivamente. Os teores de silte foram estatisticamente superiores a 5% de significância, de modo geral, na área RMS quando comparada à área VN como observado por Fialho et al. (2005). A argila apresentou diferença estatística somente na profundidade de 15 a 25 cm na área RMS, expressando teores superiores na VN. Esta característica revela, provavelmente, uma maior quantidade de cargas no solo sob mata, nas camadas superficiais, o que poderá contribuir com uma maior adsorção de nutrientes e compostos orgânicos nesse ambiente. Observaram-se poucas diferenças texturais entre as áreas, predominando a classe textural franca. A propriedade grau de floculação não foi influenciada pelas práticas de manejo. As umidades a 0,033 e 1,5 Mpa demonstraram-se maiores, de modo geral, na área RMS em consequência da maior concentração de matéria orgânica.

As médias referentes às propriedades químicas dos solos estão na Tabela 2. De acordo com CEARÁ (1993) a área RMS caracteriza-se por apresentar uma alcalinidade de baixa à média, com pH variando entre 7,2 a 7,4. Há maior conteúdo de cálcio e magnésio (reconhecidamente de caráter alcalino) nesta área quando comparada à área VN. A presença desses íons promoveu maiores valores de pH na área RMS; enquanto que a área VN, caracterizou-se por apresentar uma acidez baixa tendendo a neutralidade, com pH variando entre 6,4 a 7,0.

A condutividade elétrica (CE) não diferiu entre as áreas e valores observados indicam baixa concentração de sais solúveis, caracterizando as áreas como isentas de riscos potenciais de salinidade (EMBRAPA, 2006). Os teores de cálcio e magnésio foram considerados altos de acordo com Ceará (1993) o que advém da origem calcárea desses solos. O sódio do complexo de troca apresentou baixos teores nas áreas não conferindo ao solo caráter solódico ou sódico (EMBRAPA, 2006).

Os níveis de potássio não diferiram, estatisticamente, entre as áreas, apresentando teores altos resultantes da presença de mica no solo. A acidez potencial não diferiu entre as profundidades, apresentando valores superiores na área VN.

Tabela 1 – Médias das propriedades físicas do solo em sistema de rotação milho e soja e vegetação natural, em três profundidades, na Chapada do Apodi – CE. Média de 4 repetições

Propriedade	Prof. (cm)	VN	RMS
Areia Grossa (g kg ⁻¹)	0 a 5	342,50 aA*	262,50 aB
	5 a 15	237,50 bA	262,50 aA
	15 a 25	195,00 cA	197,50 bA
	Média	258,33	240,83
	C.V.		8,97
Areia Fina (g kg ⁻¹)	0 a 5	215,00 aA	167,50 aB
	5 a 15	167,50 bA	155,00 aA
	15 a 25	125,00 cB	162,50 aA
	Média	169,16	161,66
	C.V.		12,25
Silte (g kg ⁻¹)	0-5	257,50 aB	340,00 aA
	5 a 15	257,50 aB	310,00 aA
	15 a 25	202,50 bB	355,00 aA
	Média	239,17	335,00
	C.V.		22,12
Argila (g kg ⁻¹)	0 a 5	185,00 bA	230,00 aA
	5 a 15	337,50 aA	272,50 aA
	15 a 25	477,50 aA	285,00 aB
	Média	333,33	262,50
	C.V.		26,65
Grau de Floculação (g 100g ⁻¹)	0 a 5	86,50 ns	77,00 ns
	5 a 15	89,75 ns	69,00 ns
	15 a 25	86,50 ns	80,75 ns
	Média	87,58	75,58
	C.V.		27,62
Umidade 0,033 Mpa (g 100g ⁻¹)	0 a 5	17,26 cB	20,08 aA
	5 a 15	18,25 bB	20,08 aA
	15 a 25	19,57 aB	20,58 aA
	Média	18,36	20,25
	C.V.		2,23
Umidade 1,5 Mpa (g 100g ⁻¹)	0 a 5	11,96 B	14,11 B
	5 a 15	12,61 B	13,83 B
	15 a 25	14,87 A	15,09 A
	Média	13,15	14,34
	C.V.		5,30

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5%, pelo teste de Tukey. ns = não-significativo pelo teste F.

A soma de bases tende a diminuir com a profundidade, resultado diferente do apresentado por Souza Júnior et al. (2001). A capacidade de troca catiônica variou entre 11,25 a 14,62 cmol_c kg⁻¹ e as áreas apresentaram diferença significativa entre as profundidades de 5-15 e 15-25 cm, com valores maiores na área RMS. Para a saturação de bases (V%), houve diferença significativa na

profundidade de 15-25 cm. Sendo a saturação por bases um excelente indicativo das condições de fertilidade do solo, estes são considerados eutróficos (CEARÁ, 1993). A porcentagem de sódio trocável (PST) difere significativamente entre as áreas, com valores abaixo de 15%, referencial na classificação de solos afetados por sais (MEURER, 2006). As maiores concentrações

de fósforo ocorreram nas profundidades superficiais, conforme Souza Júnior et al. (2001), que correlacionaram esse comportamento com altos valores de pH e a adição de corretivos e fertilizantes. O fósforo disponível apresentou valores superiores na área RMS, assim como apresentado por Rheinheimer et al. (1998). Os teores de nitrogênio apresentaram-se baixos em função dos baixos teores de matéria orgânica. O nitrogênio não diferiu estatisticamente entre áreas e profundidades. A relação C/N variou entre

Tabela 2 – Médias das propriedades químicas do solo em sistema de rotação milho e soja e sob vegetação natural, em três profundidades, na Chapada do Apodi – CE. Média de 4 repetições

Propriedade	Prof. (cm)	VN	RMS
pH em Água (1: 2,5)	0 a 5	7,0 bA*	7,2 aA
	5 a 15	6,9 bA	7,3 aA
	15 a 25	6,4 bA	7,4 aA
	Média	6,8	7,3
	C.V.	1,61	
CE (dS m ⁻¹)	0 a 5	0,32 aA	0,39 aA
	5 a 15	0,25 aA	0,38 aA
	15 a 25	0,25 aA	0,34 aA
	Média	0,27	0,37
	C.V.	7,69	
Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0 a 5	8,6 aA	7,38 aA
	5 a 15	7,0 aB	7,70 aA
	15 a 25	5,6 bC	7,35 aA
	Média	7,07	7,48
	C.V.	8,39	
Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0 a 5	2,77 A	4,78 A
	5 a 15	1,63 B	3,90 B
	15 a 25	2,35 AB	4,10 AB
	Média	2,25	4,26
	C.V.	14,70	
Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0 a 5	0,17 aA	0,27 aA
	5 a 15	0,15 aA	0,29 aA
	15 a 25	0,14 aA	0,32 aA
	Média	0,15	0,29
	C.V.	2,77	
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0 a 5	0,68 B	0,86 B
	5 a 15	0,75 A	0,89 A
	15 a 25	0,67 B	0,86 B
	Média	0,70	0,87
	C.V.	3,25	

H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0 a 5	2,10	1,35
	5 a 15	1,77	1,23
	15 a 25	3,09	1,11
	Média	2,32	1,23
	C.V.	42,68	
S (cmol _c kg ⁻¹)	0 a 5	12,23 aB	13,27 aA
	5 a 15	9,47 bB	12,80 aA
	15 a 25	8,75 bB	12,65 aA
	Média	10,15	12,91
	C.V.	3,94	
CTC (cmol _c kg ⁻¹)	0 a 5	14,32 aA	14,62 aA
	5 a 15	11,25 bB	14,00 aA
	15 a 25	11,88 bB	13,75 aA
	Média	12,48	14,12
	C.V.	4,89	
V (%)	0 a 5	86,00 aA	90,75 aA
	5 a 15	84,50 aA	91,50 aA
	15 a 25	73,50 bB	92,00 aA
	Média	81,33	91,42
	C.V.	6,05	
PST	0 a 5	1,0 aB	2,0 aA
	5 a 15	1,0 aB	2,0 aA
	15 a 25	1,0 aB	2,0 aA
	Média	1,0	2,0
	C.V.	11,09	
P Disponível (mg kg ⁻¹)	0 a 5	7,25 aB	123,00 aA
	5 a 15	2,50 aB	100,50 bA
	15 a 25	2,00 aB	21,50 cA
	Média	3,91	81,66
	C.V.	10,24	
N (g kg ⁻¹)	0 a 5	1,72 aA	1,16 aA
	5 a 15	0,90 aA	0,99 aA
	15 a 25	0,74 aA	0,77 aA
	Média	1,12	0,97
	C.V.	5,87	
C/N	0 a 5	15,38 ns	14,10 ns
	5 a 15	15,47 ns	17,11 ns
	15 a 25	13,95 ns	18,08 ns
	Média	14,93	16,43
	C.V.	8,35	
MO (g kg ⁻¹)	0 a 5	29,46 aA	19,87 aB
	5 a 15	15,42 bA	16,87 bA
	15 a 25	12,68 cA	13,25 cA
	Média	19,19	16,66
	C.V.	5,88	

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5%, pelo teste de Tukey. ns = não-significativo pelo teste de F.

13,95 a 18,08, com maior mineralização do que imobilização dos nutrientes, pela decomposição da matéria orgânica. As maiores concentrações de matéria orgânica foram detectadas na camada superficial, assim como os teores de carbono orgânico. O teor de matéria orgânica diferiu apenas na profundidade de 0 a 5 cm, com valores superiores para VN, pois, de modo geral, a decomposição da matéria orgânica em solos tropicais sob cultivo é mais acelerada e a baixa densidade de vegetação, aliada às elevadas temperaturas, tem se constituído fator limitante ao aporte de compostos orgânicos (SILVA et al., 1999).

Carbono Orgânico Total (COT)

O COT foi afetado de modo significativo pelo tipo de uso do solo e pela profundidade (Tabela 3). Os teores de COT na área RMS de 0 a 5 cm apresentou redução de 38,15% em comparação a sua área de mata natural; e acréscimos de 21,66 e 34,83% nas demais profundidades. Mudanças nos sistemas de manejo podem afetar os teores de COT no solo pela alteração do aporte anual de resíduos vegetais e animais e pela modificação da taxa de decomposição da matéria orgânica (FIALHO et al., 2006; XAVIER et al., 2006).

Tabela 3 - Teores de carbono orgânico total em amostras de solo, sob sistema de rotação milho e soja e vegetação natural, na Chapada do Apodi – Ce. Média de 4 repetições

Propriedade	Prof. (cm)	VN	RMS
COT (mg kg ⁻¹)	0 a 5	22,80 aA*	14,10 aB
	5 a 15	12,00 bB	14,60 aA
	15 a 25	8,90 cB	12,00 bA
	Média	14,57	13,57
	C. V.		5,64

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey

A diminuição do teor de matéria orgânica no solo da área natural, segundo Marchiori Júnior e Melo (1999), pode estar relacionada a maior atividade microbiana causada por melhores condições de aeração, temperaturas mais elevadas e alternâncias mais frequentes de

umedecimento e secagem do solo. Na área RMS não foram observadas diferenças nos teores de COT entre as profundidades de 0-5 e 5-15 cm, indicando que não houve estratificação no teor de carbono.

Número de esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)

De maneira geral, a distribuição do número de esporos dos fungos FMA diferiu significativamente entre as áreas, destacando uma diferença estatística entre as profundidades 0 a 15 e 15 a 25cm, com valores superiores na camada de 0 a 15 cm (Tabela 4).

Tabela 4 - Número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em amostras de solo, sob sistema de rotação milho e soja e vegetação natural, na Chapada do Apodi – CE. Média de 4 repetições

Propriedade	Prof. (cm)	VN	RMS
Nº de esporos (100 g ⁻¹ solo)	0 a 5	8345,45 A*	7715,25 A
	5 a 15	7399,00 A	8092,00 A
	15 a 25	4196,25 B	4504,50 B
	Média	6647,00	6770,58
	C. V.		23,25

*Médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey

A baixa disponibilidade de nutrientes frequentemente favorece a colonização radicular, indicando que o fungo, ao mesmo tempo em que beneficia o crescimento das plantas, aumenta a atividade metabólica nas raízes, conforme os teores apresentados nas áreas avaliadas. Entretanto, segundo Moreira-Souza e Cardoso (2002), em situações de alta disponibilidade de nutrientes, especialmente de P, as plantas tendem a diminuir a colonização, o que não foi observado na área RMS, a qual apresentou altos níveis de P disponível.

Conforme Minhoni e Auler (2003) a presença de FMA reduz a necessidade de fósforo para a cultura. Assim é possível inferir que a presença de FMA nas áreas estudadas ainda não é quantitativamente suficiente para suprir a necessidade de fósforo, bem como a dose de

fósforo adicionado ao solo não se constituiu fator limitante para o desenvolvimento dos FMA; visto que os fungos podem tornar-se parasitas em doses elevadas de fósforo devido à demanda por carboidratos da planta, conforme Trindade et al. (2000). Os principais gêneros encontrados foram: *Gigaspora* e *Glomus*. Através da técnica de coloração interna radicular foi comprovada a colonização interna radicular de plantas em todas as áreas avaliadas.

Arilsulfatase

A atividade da arilsulfatase variou entre 56,30 a 137,32 μg de pNF g^{-1} solo h^{-1} , valores estes dentro dos citados por Nogueira e Melo (2003). Esta enzima envolvida no ciclo do enxofre apresenta valores mais expressivos na área RMS (Tabela 5). A elevada atividade deve-se à competição entre os ânions H_2PO_4^- e SO_4^- pelos mesmos sítios de adsorção dos colóides do solo. Como o ânion H_2PO_4^- é adsorvido preferencialmente nesses sítios, ocorre uma deficiência de enxofre, que estimula a produção e a atividade da arilsulfatase. Conforme Nogueira e Melo (2003), a atividade da arilsulfatase no solo decresce com a profundidade e com a diminuição

Tabela 5 - Atividade da enzima arilsulfatase em amostras de solo, sob sistema de rotação milho e soja e vegetação natural, na Chapada do Apodi – CE. Média de 4 repetições

Propriedade	Prof. (cm)	VN	RMS
Arilsulfatase (μg pNF g^{-1} solo h^{-1})	0 a 5	56,30 ns*	130,40 ns
	5 a 15	69,31 ns	137,42 ns
	15 a 25	28,67 ns	129,25 ns
	Média	51,42	132,32
	C. V.	25,79	

* ns = não significativo pelo Teste F

do teor de matéria orgânica, por constituir a principal reserva de ésteres de sulfato, que são substratos da enzima. No entanto, de maneira geral, não foi observada correlação entre COT e a atividade de arilsulfatase, concluindo que cada solo tem sua característica típica de atividade enzimática, que pode ser influenciada por fatores como: grau de evolução da matéria orgânica ou tipo de vegetação que lhe deu origem.

Fosfatase Ácida

A atividade da enzima fosfatase ácida diferiu significativamente entre as profundidades 0 a 5 e 15 a 25 cm das áreas (Tabela 6). Os valores apresentaram-se superiores na camada superficial na área RMS. Os valores elevados da fosfatase ácida também refletem a competição entre os ânions H_2PO_4^- e SO_4^- pelos mesmos sítios de adsorção nos colóides do solo. Nas profundidades onde a atividade da arilsulfatase é mais expressiva, ocorre uma atividade menor da fosfatase ácida, como na área RMS.

Tabela 6 - Atividade da enzima fosfatase ácida em amostras de solo, sob sistemas de rotação milho e soja e vegetação natural, na Chapada do Apodi - CE. Média de 4 repetições

Propriedade	Prof. (cm)	VN	RMS
Fosfatase Ácida (μg pNF g^{-1} solo h^{-1})	0 a 5	17,04 bB*	52,92 aA
	5 a 15	31,03 aA	39,82 aA
	15 a 25	10,12 bB	23,28 bA
	Média	19,39	38,57
	C. V.	24,26	

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey

A elevada expressão da atividade dessa enzima na camada 0 a 5 cm na área RMS demonstra a sua importância na mineralização do fósforo orgânico nas áreas cultivadas com milho e soja. No entanto, Matsuoka et al. (2003) observaram que apesar das adubações fosfatadas, as diferenças entre a atividade dessa enzima na linha e entrelinha não foram acentuadas, relacionando o resultado com a aplicação localizada do adubo, fazendo com que o mesmo concentrado em locais específicos, diminua o efeito inibitório sobre a fosfatase ácida. Assim como neste trabalho o fósforo disponível e a atividade da fosfatase ácida são elevados na área cultivada, como citado no trabalho anterior.

De maneira geral, fica evidente a dificuldade de estabelecer correlações entre a bioquímica e a química do solo em áreas onde a entrada de nutrientes via adubação é elevada. As diferenças na textura do solo, também podem influenciar a atividade da fosfatase, pois

a adsorção de enzimas extracelulares (como a fosfatase) a partículas de argila é um importante mecanismo de estabilização e proteção contra proteases existentes na solução do solo.

β -Glucosidase

A β -glucosidase apresentou atividades maiores na área RMS (Tabela 7). Na área de vegetação natural observa-se um decréscimo na atividade com o aumento da profundidade. Na área RMS a profundidade 5-15 cm apresentou valor superior às demais. A β -glucosidase atua

Tabela 7 - Atividade da enzima β -glucosidase em amostras de solo, sob sistemas de rotação milho e soja e mata natural, na Chapada do Apodi - CE. Média de 4 repetições

Propriedade	Prof. (cm)	VN	RMS
β -glucosidase ($\mu\text{g pNF g}^{-1}\text{ solo h}^{-1}$)	0 a 5	6,07 ns*	77,56 ns
	5 a 15	3,36 ns	86,06 ns
	15 a 25	3,23 ns	62,90 ns
	Média	4,22	75,50
	C. V.	25,68	

* ns = não-significativo pelo teste de F

na etapa final do processo de decomposição da celulose, hidrolisando os resíduos de celobiose (TABATABAI, 1994). Como a celobiose é um dissacarídeo de rápida decomposição no solo, a maior atividade observada na área agrícola, provavelmente está relacionada à quantidade e à qualidade do resíduo vegetal que é retornado ao solo.

Na área natural, a maior diversidade de espécies de plantas, contribui para que o resíduo orgânico (galhos, ramos, folhas, flores, frutos e sementes), que retorna ao solo, seja mais complexo, o que explica as baixas atividades da β -glucosidase observadas nessa área, uma vez que outras enzimas (celulases e ligninases) também participam dos processos de decomposição desses resíduos. Levando-se em consideração que as plantas também constituem fontes de enzimas para o solo é possível que a contribuição das plantas cultivadas influenciem nesse aspecto (MENDES et al., 2003). Além disso, na área RMS o plantio da soja sobre os restos

culturais do milho, pode ter proporcionado maior atividade desta enzima (MATSUOKA et al., 2003).

Conclusões

1. Em relação às propriedades físicas, observa-se um aumento da argila em profundidade nas áreas VN e RMS;
2. Quanto às propriedades químicas, os teores dos macronutrientes foram maiores na área RMS do que na área VN, enquanto que os riscos potenciais de salinidade e de saturação por sódio em ambas as áreas são desprezíveis;
3. Não houve diferença estatística no número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares na área RMS em relação à área VN;
4. A atividade das enzimas arilsulfatase, fosfatase ácida e β -glucosidase apresentou os maiores valores na área RMS.

Referências

- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 03, p. 66-75, 2007.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Serviço Geológico do Brasil. **Atlas dos recursos hídricos subterrâneos do Ceará**. Fortaleza: Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará, 1999. CD-ROM.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos e análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documento, 1).
- _____. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FIALHO, J. S. et al. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, n. 03, p. 250-257, 2006.
- _____. Biomassa microbiana em solo sob cultivo de rotação na Chapada do Apodi - CE. *Revista Caatinga*, v. 18, n. 04, p. 251-260, 2005.
- GERDEMANN, J. W.; NICHOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, v. 46. p. 235-244, 1964.

- LIMA, D. A. **Plantas da Caatinga**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989. 243 p.
- MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 257-263, 1999.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 425-433, 2003.
- MENDES, I. C. et al. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 435-443, 2003.
- MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Gênese, 2006. 285 p.
- MINHONI, M. T. A.; AULER, P. A. M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 841-847, 2003.
- MOREIRA-SOUZA, M.; CARDOSO, E. J. B. N. Dependência micorrízica de *Araucária angustifolia* (Bert) O. Ktze. sob doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 905-912, 2002.
- NOGUEIRA, M. A.; MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 655-663, 2003.
- RHEINHEIMER, D. S. et al. Modificações em atributos químicos do solo arenoso sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 713-721, 1998.
- SILVA, C. A.; ANDERSON, S. J.; VALE, F. R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois latossolos submetidos à calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 593-602, 1999.
- SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B. Caracterização e classificação de solos tiomórficos da várzea do rio Coruripe, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 04, p. 977-986, 2001.
- TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W.; SCOTT, A.; BOTTOMELEY, P. J. (Eds.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 777. (Special Publication, 5).
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: VENEGAS, V. H. A. et al. (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 02, cap. 5, p.195-276, 2002.
- TRANNIN, I. C. B. et al. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1173-1184, 2007.
- TRINDADE, A. V. et al. Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares em solo não fumigada, para mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 505-513, 2000.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Departamento de Ciência do Solo. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza, 1993. 246 p.
- YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M., A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Commun. Soil Science Plant Analysis**, v. 19, p.1467-1476, 1988.
- XAVIER, F. A. S. et al. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 247– 258, 2006.