

Atributos químicos e atividade microbiológica em Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes sistemas de manejo com e sem queima em condições de semiárido

Tiago Cavalcante da Silva^{1,*}, Thales Vinícius de Araújo Viana², Geocleber Gomes de Sousa³, Susana Churka Blum³, Alfredo Mendonça de Sousa² e Benito Moreira de Azevedo²

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia. Área de Solos. Rua Dom Manoel de Medeiros, S/Nº. Dois Irmãos. Recife-PE, Brasil (CEP 52171-900). *E-mail: tiago.cavalcantesilva@hotmail.com.

²Universidade Federal do Ceará. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Engenharia Agrícola. Av. Mister Hull, S/Nº. *Campus* do Pici. Fortaleza-CE, Brasil (CEP 60455-970).

³Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Instituto de Desenvolvimento Rural. Avenida da Abolição, 03. Centro. Redenção-CE, Brasil. (CEP 62790-000).

Resumo. Objetivou-se avaliar a influência de diferentes sistemas de manejo do solo sobre os atributos químicos e a atividade microbiológica do solo, no Maciço de Baturité, Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial do tipo 4 x 3, constituído de quatro sistemas de manejo, três profundidades e cinco repetições. Os sistemas avaliados foram mata nativa (MN), sistema agroflorestal (SAF), cultivo orgânico (CO) e área queimada (AQ). Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Os atributos avaliados no solo foram N, P, K, Ca, Mg, carbono orgânico total (COT), carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico (qCO_2) e o quociente microbiano ($qMic$). O sistema AQ proporcionou elevação dos macronutrientes P, K, Ca e Mg, além de elevar o pH do solo favorecendo a neutralização do Al. O solo sob MN apresentou menor qCO_2 em comparação aos demais aos demais sistemas, demonstrando o poder de equilíbrio desse ambiente. A atividade microbiológica não apresentou alterações estatisticamente significativas para RBS, C-BMS e $qMic$. O manejo mais intensivo e exploratório do solo proporcionou elevação dos valores de qCO_2 .

Palavras-chave: Carbono microbiano; Práticas agrícolas; Qualidade do solo.

Recebido
25/11/2019

Aceito
26/07/2020

Disponível *on line*
30/07/2020

Publicado
31/08/2020









Acesso aberto



Abstract. *Chemical attributes and microbiological activity in ultisol under different management systems with and without burning in semi-arid conditions.* The objective of this study was to evaluate the influence of different soil management systems, under changes in chemical attributes and soil microbiological activity, at Maciço de Baturité, State of Ceará, Northeast Brazil. The experimental design was completely randomized (DIC) in a factorial arrangement of type 4 x 3 consisting of four management systems, three depths and five repetitions. The evaluated systems were native forest (MN), agroforestry system (SAF), organic crop (CO) and burned area (AQ). Soil samples were collected at the respective depths 0-10, 10-20 and 20-30 cm. The attributes evaluated in the soil were N, P, K, Ca, Mg, total organic carbon (COT), microbial biomass carbon (C-BMS), basal soil respiration (RBS), metabolic quotient (qCO_2), and quotient microbial ($qMic$). The AQ system provided elevation of the macronutrients P, K, Ca and Mg, beyond increasing the pH of the soil further the neutralization of Al. The soil under MN showed results when compared to the other systems, demonstrating the equilibrium power of this environment. The microbiological activity did not showed statistically significant alterations for RBS, C BMS and $qMic$. The more intensive and exploratory management of the soil determined the elevation in the highest values of qCO_2 .

Keywords: Microbial carbon; Agricultural practices; Soil quality.

ORCID

-  0000-0003-3121-7715
Tiago Cavalcante da Silva
-  0000-0003-0722-6371
Thales Vinícius de Araújo Viana
-  0000-0002-1466-6458
Geocleber Gomes de Sousa
-  0000-0003-2914-4780
Susana Churka Blum
-  0000-0002-0153-9070
Alfredo Mendonça de Sousa
-  0000-0001-7391-1719
Benito Moreira de Azevedo

Introdução

A crescente exploração dos recursos naturais, muitas vezes mal planejadas e sem manejo adequado, acarreta graves consequências, levando a exaustão dos ecossistemas, causando impactos nas propriedades do solo, principalmente em regiões áridas e semiáridas (Farias et al., 2013).

A qualidade do solo associada a seus atributos químicos, físicos e biológicos, conforme Aragão et al. (2012), pode ser conceituada como a capacidade desse recurso exercer várias funções, dentro dos limites do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica e manter ou melhorar a qualidade ambiental. Sua quantificação está diretamente associada aos atributos do solo que possibilitam o monitoramento de mudanças, a médio e longo prazo, e as possíveis tomadas de decisões (Stefanoski et al., 2013). A adoção de práticas de manejo racionais que visam melhorar a qualidade do solo deve considerar diversos fatores, notadamente os de caráter físico, químico e biológico (Silva et al., 2015).

A queima é considerada pelos produtores agrícolas como um método eficaz de preparo da terra. Entretanto, diversos estudos comprovam que a ação do fogo provoca uma série de alterações de natureza física, química e biológica no solo (Lorenzon et al., 2014). A quantidade e qualidade da matéria orgânica, dentre os atributos do solo, é considerada um dos fatores mais impactados pela ação do fogo, principalmente em solos agrícolas, onde a mesma controla a atividade dos organismos, processos erosivos e disponibilidade de nutrientes. O empobrecimento do solo por meio do fogo acarreta uma diminuição acentuada da sua fertilidade (Marques et al., 2015).

Em geral, no que se refere aos atributos de rotina da fertilidade do solo, existem diversos trabalhos na literatura que mencionam o aumento da disponibilidade de fósforo

(P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), mineralizados após o uso fogo (Gatto et al., 2003; Rheinheimer et al., 2003). No entanto, esses efeitos podem desaparecer em médio prazo pela lixiviação dos nutrientes ocasionada pela ação das chuvas (Matos et al., 2012).

O emprego de práticas agrícolas que promovam a acumulação de biomassa e consequentemente maior atividade microbiana é fundamental na manutenção da fertilidade do solo. Nestes sistemas que adotam tal prática, há manutenção da cobertura do solo, protegendo-o contra impactos e aumentando a diversidade das espécies, propiciando maior equilíbrio no sistema (Oliveira et al., 2017). As alterações de ordem biológica em solos submetidos a queimadas, podem advir pelas modificações ocorridas devido ao aumento ou diminuição de nutrientes, alterações no pH, aumento das fontes de carbono e oxidação da matéria orgânica (Redin et al., 2011).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes sistemas de manejo do solo sobre os atributos químicos e atividade microbiológica de um Argissolo vermelho-amarelo no Maciço de Baturité-CE.

Material e métodos

Conduziu-se o estudo no município de Redenção, situado na região do Maciço de Baturité, Ceará. As coordenadas geográficas da área experimental são 04° 13' S e 38°43' O, apresentando 88 m de altitude. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo vermelho-amarelo de textura areia franca (Santos et al., 2018). O clima da região, segundo Köppen (Alvares et al., 2013), é classificado como BSw_h' apresentando as seguintes características: tropical semiárido; muito quente; chuvas concentradas nas estações do verão e outono, apresentando baixa nebulosidade, forte insolação, índices elevados de evaporação e temperaturas médias elevadas. Adicionalmente, tem-se precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente, iguais a 1.086 mm, 27,0 °C e 63%, em médias anuais (INMET, 2019).

As áreas selecionadas para avaliações foram: mata nativa (MN), sistema agroflorestal (SAF), área de cultivo orgânico (CO) e área de queimada (AQ). A área de mata nativa caracteriza-se por ser um espaço em que não há interferência de seres humanos; possui formações vegetais predominantemente lenhosas, arbóreas e arbustiva-arbórea, bem como as fases sucessoras dessas formações vegetais como carnaúba, pau-branco, jenipapo, mulungu e jurema. O sistema agroflorestal (SAF) foi montado sob mata em regeneração que passou por um período de aproximadamente seis anos sem interferência humana, onde predominam as seguintes espécies arbóreas e arbustivas: Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), Jiquiri (*Mimosa arenosa* (Wild) Poir), Cassaco (*Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke), Feijão Bravo (*Cynophalla flexuosa* (L.) J. Presl), Marmeleiro (*Croton blanchatianus* Bail) e Mororó (*Bauhinia urguiculata* L.). A área de cultivo orgânico (CO) caracteriza-se por ser de uso experimental em atividades de pesquisa, com recorrentes preparos de solo, adubações com fontes orgânicas e irrigação. A área de cultivo orgânico está instalada dentro da Fazenda Experimental Piroás, da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), onde se cultiva, principalmente, girassol, arroz e feijão, de modo que ao fim dos cultivos, os restos vegetais eram deposto ao solo. Além da incorporação de resíduos vegetais sobre o solo para fins de melhoria da fertilidade, também foram realizadas adubações com fontes orgânicas, utilizando-se principalmente resíduos compostos por cama de frango e casca de arroz carbonizada, com um intuito de corrigir a acidez do solo. A área de queimada (AQ) está inserida na propriedade de um produtor da comunidade, que usa o fogo como forma de preparar o solo antes de realizar o plantio das culturas de milho, feijão, fava e arroz. Segundo as informações obtidas em entrevista com o agricultor, o processo de queimada começou em setembro de 2016 e finalizou em novembro do mesmo ano. A área não vinha sendo utilizada para o plantio desde 2007, totalizando nove anos de pousio. Entretanto,

ainda segundo o agricultor, geralmente as parcelas de terra são queimadas de cinco em cinco anos. Não são realizadas adubações orgânicas ou inorgânicas sendo o fornecimento de nutrientes ao solo realizado exclusivamente pela mineralização das cinzas proveniente da queima dos resíduos vegetais ao final do ciclo das culturas.

Para realização das análises químicas e microbiológicas foram coletadas amostras deformadas de solo, em cada sistema de manejo, a fim de se avaliar possíveis alterações nos atributos do solo, em três profundidades (0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm), com cinco repetições. Após coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, submetendo-as, posteriormente, ao processo de destorroamento e peneiramento em peneira com malha de 2 mm, caracterizando Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). As amostras para análises microbiológicas foram mantidas em refrigeração (4 °C) até a realização das análises.

Na caracterização dos atributos químicos do solo determinou-se as seguintes variáveis: nitrogênio total (N_T), fósforo disponível ($P_{\text{disponível}}$), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e carbono orgânico total (COT). As análises químicas seguiram a metodologia descrita em Donagema et al. (2011). O nitrogênio total (N_T) foi determinado pelo Método Semimicro Kjeldahl, que se baseia na digestão sulfúrica e destilação do material digerido em meio alcalino (Cantarella e Trivelin, 2001); O fósforo disponível ($P_{\text{disponível}}$) foi extraído por meio de Mehlich-1 (Defilipo e Ribeiro, 1997) e determinado espectroscopicamente; os cátions cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis foram extraídos por solução de KCl 1M e determinado por espectrofotômetro de absorção atômica; já o potássio (K^+) foi extraído com solução Mehlich-1 (0,05 mol L⁻¹ de HCl + 0,0125 mol.L⁻¹ de H₂SO₄) e determinado por fotômetro de chama; para determinação do carbono orgânico total (COT) foi utilizado a metodologia proposta por Yeomans e Bremner (1988).

A atividade microbiológica foi avaliada pela determinação da respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana (C-BMS), quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano ($qMIC$). A respiração basal do solo (RBS) foi estimada seguindo a metodologia proposta por Alef e Nannipieri (1995); a determinação do carbono da biomassa microbiana foi realizada pelo método da fumigação-extração (Vance et al., 1987); O quociente metabólico (qCO_2) é a razão entre a respiração basal do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana do solo ($CO_2/C-BMS\ h^{-1}$); O quociente microbiano (C-BMS/COT) é a relação entre o carbono microbiano e o carbono orgânico total do solo que serve como indicador da quantidade de matéria orgânica no solo.

Os dados de cada variável analisada foram submetidos a uma análise de variância pelo teste F. Quando significativos por este teste, os dados referentes aos sistemas de manejo do solo avaliados e as diferentes profundidade de coleta foram submetidos ao teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade. Foram realizados testes de comparação de médias dos dados das interações entre os sistemas de manejos e as profundidades do solo nas áreas estudadas. Utilizou-se, para as análises estatísticas, o software ASSISTAT 7.7 BETA (2016), auxiliado pelo software Microsoft Office Excel 2013.

Resultados e discussão

Os solos sob os sistemas de manejo estudados, nas diferentes profundidades, apresentaram valores de pH em água abaixo de 6,2 (Tabela 1), sendo levemente ácido, estando na faixa ideal para o ótimo desenvolvimento vegetal das culturas agrícolas (Lira et al., 2012).

Tabela 1. pH em água, acidez potencial e alumínio trocável, em diferentes profundidades do solo sob mata nativa (MN), sistema agroflorestal (SAF), cultivo orgânico (CO) e área queimada (AQ), em Argissolo Vermelho-amarelo⁽¹⁾.

Sistemas de Manejo	Profundidade (cm)		
	0-10	10-20	20-30
pH			
MN	5,71 abA	5,78 abB	6,01 aA
SAF	5,13 bA	5,31 bA	5,45 bA
CO	5,85 abA	5,39 abA	5,64 abAB
AQ	6,20 aA	5,30 bB	5,44bB
Al+H (cmol _c .dm ⁻³)			
MN	1,65 aA	1,55 aA	1,18 aA
SAF	2,64 aA	2,83 aA	2,70 aA
CO	1,41 aA	1,41 aA	1,38 aA
AQ	1,91 aA	2,44 aA	2,04 aA
Al (cmol _c .dm ⁻³)			
MN	0,18 bA	0,18 bA	0,22 bA
SAF	0,56 aC	0,94 aB	1,26 aA
CO	0,16 bA	0,24 bA	0,16 bA
AQ	0,14 bA	0,22 bA	0,26 bA

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Esta variação de pH na faixa ótima para as plantas pode estar diretamente associada a adição de cátions básicos ao solo, aumentando a força iônica da solução em função do aporte de material orgânico ao solo nesses sistemas de cultivo, principalmente da camada superficial (Silva et al., 2015). Segundo Lorenzon et al. (2014) alterações significativas no pH de solos em áreas que sofreram a ação do fogo nem sempre são evidenciadas, porque a elevação desse parâmetro ocasionado pela queima é dependente de diversos outros fatores, como a quantidade e a composição de cinzas geradas e das características do solo.

Os maiores teores de H + Al foram encontrados no solo sob SAF e os menores na condição sob CO, em todas as profundidades (Tabela 1). O comportamento do H+Al em ambos os sistemas foram compatíveis com os valores de pH do solo, evidenciando a significativa diferença da MN, em relação aos demais sistemas (Tabela 1). Lira et al. (2012) estudando os efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da caatinga, concluíram que a redução da acidez potencial dos sistemas estudados se deve a presença de ácidos orgânicos que podem complexar os íons livres H⁺ e Al³⁺ e pelo aumento da CTC via saturação do solo com cátions adicionados através de resíduos vegetais em processo de decomposição.

Os teores de alumínio verificados nas áreas de CO, AQ e MN foram inferiores ao teor observado na área de SAF, onde se verificou a menor quantidade do elemento (Tabela 1). O Al é totalmente precipitado quando o pH do solo atinge valores em torno de 5,5 (Sousa et al., 2007), corroborando com o comportamento verificado no presente estudo em relação ao teor de Al e pH. Nos sistemas CO, SAF e MN, a diminuição dos teores de Al³⁺ tem relação direta com o aporte de MOS, devido à capacidade desta de complexar o elemento. A diminuição do Al³⁺ na AQ se deve a atividade do manejo do solo associada ao fogo, que possibilita a diminuição das concentrações do elemento, e conseqüentemente aumento de cátions essenciais para o desenvolvimento das plantas. A saturação da solução do solo com cátions trocáveis (Ca, Mg e K) aliada ao aumento do pH, diminui a solubilidade do Al³⁺ tóxico do solo (Iwata et al., 2012; Lorenzon et al., 2014).

Os teores de potássio foram, em todas as profundidades, maiores nos solos sob AQ em relação às demais áreas de estudo, conforme pode-se observar na Tabela 2. De acordo

com os resultados obtidos por Sousa Neto et al. (2017), estudando os atributos químicos em área agrícola tradicional e em caatinga manejada, verifica-se sensibilidade do teor de K em sofrer alterações no solo em relação aos sistemas de manejo adotado (preparo do solo via queimada, aração e gradagem). Os autores ainda afirmam que os maiores valores de K foram encontrados nos primeiros 10 cm de profundidade devido ao poder de fertilização das cinzas produzidas pelo fogo e disponibilizadas em elevadas quantidades para o solo.

Dick et al. (2008) constataram teores de K baixos a muitos baixos em profundidade, quando comparados aos valores deste elemento na camada superficial. Os autores ressaltaram que as perdas de K podem estar associadas às perdas das cinzas resultantes da queima, que, sob condições específicas, são carregadas pelo escoamento superficial e por lixiviação.

Tabela 2. Teores de potássio, cálcio e magnésio, em diferentes profundidades do solo sob mata nativa (MN), sistema agroflorestal (SAF), cultivo orgânico (CO) e área queimada (AQ), em Argissolo Vermelho-amarelo⁽¹⁾.

Sistemas de Manejo	Profundidade (cm)		
	0-10	10-20	20-30
K (cmol _c .dm ⁻³)			
MN	0,013 dA	0,012 cA	0,010 aA
SAF	0,018 cA	0,010 cB	0,012 aB
CO	0,022 bA	0,017 aB	0,012 aC
AQ	0,047 aA	0,028 aB	0,013 aC
Ca (cmol _c .dm ⁻³)			
MN	5,42 aB	5,14 aB	5,98 aA
SAF	2,11 bC	2,89 cB	3,91 bA
CO	2,43 bA	2,14 dAB	1,90 cB
AQ	5,85 aA	3,98 bB	3,49 bB
Mg (cmol _c .dm ⁻³)			
MN	1,86 aA	1,83 bA	1,86 bA
SAF	1,72 aC	1,87 aB	1,26 aA
CO	1,63 aA	1,87 bA	1,26 bA
AQ	1,37 aA	1,09 cA	1,36 bA

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As concentrações de cálcio apresentaram valores elevados no solo sob AQ e MN (Tabela 2). Observou-se um decréscimo dos teores do nutriente com o aumento da profundidade de coleta. Os resultados apresentados por Simon et al. (2016), estudando os efeitos da queima de resíduos do solo sobre atributos químicos de um Latossolo Vermelho distrófico, evidenciaram uma maior presença do Ca no solo manejado com queimada. O fogo proporciona a liberação de uma grande quantidade de nutrientes para o solo, a exemplo do cálcio. Esse elemento é encontrado em grandes proporções em vegetais, assim, a queima desses acaba disponibilizando elevada quantidade desse mineral para o solo. O solo sob SAF e CO apresentaram as menores concentrações. Loro et al. (2016) afirmam que os teores de Ca foram significativamente reduzidos pela conversão da vegetação nativa por sistemas cultivo agrícola produtivos e com alto grau de degradação da qualidade do solo.

Quanto aos teores de magnésio, o solo sob SAF apresentou os valores mais altos e sob CO e AQ os valores mais baixos, quando comparados a MN (Tabela 2). Lima et al. (2011), estudando os atributos químicos de solo sob sistema agroflorestal, constataram o maior valor de Mg na área de sistema agroflorestal com 6 anos de adoção e o menor valor na área de agricultura de corte e queima. O baixo teor de Mg trocável em todos os sistemas, principalmente no solo sob AQ, pode ser atribuído a perdas do elemento pouco retido nos sítios de troca, em função dos menores teores de matéria orgânica em decomposição ou indicando haver o processo de lixiviação nos sistemas, devido à grande movimentação do elemento pela menor força de adsorção e por apresentar maior raio iônico hidratado, e como consequência movimentação intensa (Lorenzon et al., 2014; Silva et al., 2015).

Tabela 3. Teores de nitrogênio total, fósforo disponível e carbono orgânico total, em diferentes profundidades do solo sob mata nativa (MN), sistema agroflorestal (SAF), cultivo orgânico (CO) e área queimada (AQ), em Argissolo Vermelho-amarelo⁽¹⁾.

Sistemas de Manejo	Profundidade (cm)		
	0-10	10-20	20-30
N (g.kg ⁻¹)			
MN	0,31 aA	0,35 aA	0,27 aA
SAF	0,33 aA	0,23 aA	0,27 aA
CO	0,30 aA	0,22 aA	0,18 aA
AQ	0,43 aA	0,27 aA	0,25 aA
P (mg.dm ⁻³)			
MN	3,34 aA	2,38 aA	2,04 aA
SAF	5,05 aA	3,02 aA	2,66 aA
CO	15,37 aA	8,32 aA	6,85 aA
AQ	14,41 aA	5,21 aA	6,84 aA
COT (g.kg ⁻¹)			
MN	24,29 aA	19,27 aA	17,83 aA
SAF	15,08 aA	12,69 aA	11,75 aA
CO	17,58 aA	15,50 aA	12,31 aA
AQ	14,69 aA	12,95 aA	11,25 aA

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os sistemas SAF, AQ e MN apresentaram os maiores aportes de N total, 0,28, 0,32 e 0,31 g kg⁻¹ de N, respectivamente, sendo que na área de cultivo orgânico observou-se a menor quantidade do elemento, 0,23 g kg⁻¹ (Tabela 3). Em estudos realizados por Cherubin et al. (2015) os autores não verificaram alterações nos teores de N entre os manejos do solo, e seu decréscimo foi evidenciado em profundidade. Por consequência da maior dinâmica desse elemento no solo, sua menor quantidade nos sistemas e profundidades estudadas pode estar associada a perdas por lixiviação ou até mesmo carreamento superficial pela água, ou exportado pelas culturas (Rocha et al., 2016). Porém, estudos apontaram diferenças para esse elemento entre os sistemas de manejo, onde ocorreram maiores acúmulos de N devido à decomposição de resíduos vegetais na superfície do solo e suas perdas causadas pela prática convencional de corte e queima (Maia et al., 2008; Wastowski e Rosa, 2010). É importante salientar que as diferenças

observadas entre os resultados podem ser devidas ao nível de manejo adotado e a diversidade das condições edafoclimáticas do local em que o estudo foi realizado.

Quanto ao fósforo, nos sistemas CO e AQ, os teores foram de 10,18 e 8,82 mg dm⁻³, respectivamente, bastante elevados em comparação ao observado em solo sob MN, 2,59 mg dm⁻³ (Tabela 3). Possivelmente, essa grande quantidade de P encontrada nesse tipo de sistema (CO) está relacionada a aplicações de resíduos orgânicos para fins de fertilidade do solo (Lourente et al., 2011). Redin et al. (2011) afirma que há um aumento nos teores de P mineralizados imediatamente após a passagem do fogo. Isso se deve ao fato de as cinzas possuírem alta concentração desse nutriente. Como as plantas somente absorvem nutrientes mineralizados é natural que elas cresçam mais rapidamente em áreas queimadas. Vale ressaltar que o teor de P encontrado no sistema AQ foi superior quando comparado com MN. Resultado similar foi encontrado por Faria et al. (2011) onde observaram teores de P três vezes maiores em solo manejado por processo de queimada, comparação ao solo vegetado em campo.

Observa-se que os teores de P diminuíram com o aumento da profundidade. Sobre tal resultado, pode-se inferir que na profundidade de 0-10 cm, o maior teor de P está relacionado com a forma de manejo adotada nesses sistemas, podendo-se verificar resultado semelhante nesse sentido em Silva et al. (2015). Verificou-se diferença entre as profundidades, tendo-se verificado teores médios de P superiores na camada 0-10 cm em relação à camada 10-20 cm, 9,2 e 5,7 mg dm⁻³, respectivamente. Esse efeito está de acordo com Silva et al. (2013) que relataram que essa redução do elemento P, em profundidade, ocorre, provavelmente, devido à ausência de práticas de manejo que favoreçam a manutenção e/ou melhoria da fertilidade do solo, podendo-se citar dentre essas práticas de manejo, a adição de matéria orgânica e a reposição de nutrientes perdidos pela erosão e lixiviação.

O teor de COT foi relativamente elevado em MN, quando comparado aos demais sistemas (Tabela 3). Esse resultado era esperado, visto o elevado aporte de material vegetal presente nesse ambiente (Dick et al., 2008). Cunha et al. (2012) constataram que o COT, sob mata nativa, foi maior do que em solo cultivado. O comportamento verificado para o COT em MN pode ser atribuído ao grande aporte de resíduos orgânicos e vegetais, ao não revolvimento do solo e reduzida erosão hídrica ocasionada pela maior cobertura do solo, diferentemente dos baixos teores encontrados nos sistemas SAF, CO e AQ, que podem ser justificados pela baixa deposição dos resíduos vegetais, alta atividade microbiana e também pelo aumento da perda por erosão e mineralização. O acúmulo do COT em profundidade pode ser resultante de processos de translocação da MOS e sua sorção no complexo sortivo do solo, como também a decomposição de raízes (Dick et al., 2008). Signor et al. (2016) observaram que a área de cana-de-açúcar cultivada há 12 anos sem a realização da prática de queima apresentou maiores teores de C do que a área queimada, resultado verificado em todas as profundidades avaliadas (0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm).

O solo sob AQ apresentou maior C-CO₂, quando comparado aos demais sistemas, mas não havendo diferença significativa (Tabela 4). O SAF foi o sistema que apresentou menor atividade microbiana. Após a queimada é comum que ocorra aumento na taxa respiratória, na tentativa de buscar novamente o equilíbrio, porém, nem sempre este fato indica que está ocorrendo aumento na atividade microbiana (Vieira et al., 2016). Devido a altas temperaturas, que acabam por consumir a matéria orgânica do solo disponível, ocorre a diminuição da oferta de compostos mineralizáveis para os microrganismos, aumentando a competição por alimentos e ocasionando estresse na comunidade microbiana (Evangelista et al., 2013). Nunes et al. (2009) avaliando os atributos microbiológicos em um Luvisolo Crômico Órtico, encontraram maior atividade microbiana em solo sob sistema com queima e mata nativa. Entretanto, segundo os autores, a avaliação da RBS deve ter cuidados na interpretação dos resultados, valores elevados tanto podem indicar situações de distúrbio quanto de alto nível de produtividade

do sistema, se comparado a sistemas com menores valores de RBS, que são sistemas mais estáveis (Cunha et al., 2012). Vale ressaltar a maior taxa de respiração basal do solo em profundidade verificada no presente estudo, contrapõe-se ao comportamento verificado por Pezarico et al. (2013) onde os autores observaram maior RBS na camada superficial, associando tal resultado a maior quantidade de resíduos orgânicos aportados nessa camada.

Tabela 4. Respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana (C-BMS), quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano ($qMic$), em diferentes profundidades do solo sob mata nativa (MN), sistema agroflorestal (SAF), cultivo orgânico (CO) e área queimada (AQ), em Argissolo Vermelho-amarelo⁽¹⁾.

Sistemas de Manejo	Profundidade (cm)		
	0-10	10-20	20-30
RBS (mg C-CO ₂ .kg ⁻¹ solo hora ⁻¹)			
MN	0,98 aA	0,90 aA	0,76 aA
SAF	0,59 aA	0,44 aA	0,60 aA
CO	0,88 aA	0,51 aA	0,52 aA
AQ	1,05 aA	0,91 aA	0,91 aA
C-BMS (mg C kg ⁻¹ solo)			
MN	318,75 aA	245,83 aA	220,83 aA
SAF	300,00 aA	226,04 aA	86,45 aA
CO	273,43 aA	252,08 aA	250,00 aA
AQ	250,00 aA	234,37 aA	225,00 aA
qCO_2 (mg.kg ⁻¹ dia ⁻¹)			
MN	3,23 aA	3,75 aA	3,91 bA
SAF	1,98 aB	3,10 aB	7,75 aA
CO	3,27 aA	2,09 aA	2,16 bA
AQ	4,27 aA	4,30 aA	4,12 bA
$qMic$ (%)			
MN	2,18 aA	1,99 aA	2,06 aA
SAF	2,12 aA	1,77 aA	0,70 aA
CO	1,55 aA	1,71 aA	2,39 aA
AQ	1,03 aA	1,26 aA	1,29 aA

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), nos diferentes sistemas de manejo do solo, variaram entre 318,75 e 250 mg C kg⁻¹, não apresentando diferença significativa (Tabela 4). Evangelista et al. (2013) justificaram a maior C-BMS na área da mata nativa, como consequência do não revolvimento do solo, prática que preserva a estrutura formada pelos agregados protegendo internamente os microrganismos do solo. A biomassa microbiana diminuiu com o aumento da profundidade do solo, resultado explicado pela maior quantidade de substrato nas camadas superficiais do solo (Dadalto et al., 2015).

A substituição da vegetação nativa por diferentes sistemas de manejo causou uma variação nos teores de C-BMS (Tabela 4). Kaschuk et al. (2010) observaram que o teor de C-BMS varia de acordo com o ambiente, e geralmente solos manejados apresentam menores teores em comparação a áreas com vegetação nativa. Benitende et al. (2008)

verificaram que o sistema com práticas de manejo mais intensificadas apresentou menor C-BMS, por consequência do impacto negativo do preparo do solo sobre as populações de microrganismos do solo.

Quanto ao quociente metabólico (qCO_2) foram observadas diferenças entre MN e os demais sistemas de manejo estudados, sendo o SAF, o manejo que proporcionou o maior valor (Tabela 4). Houve uma redução do qCO_2 de 15,18% na MN, 41,35% no CO e 1,16% na AQ, em relação ao SAF. Normalmente, o aumento do quociente metabólico pode indicar uma situação de estresse aos microrganismos do solo, onde há uma redução da biomassa em detrimento da atividade (Anderson e Domsch, 2010) o que foi verificado nesse caso na área queimada. Pelo fato de AQ não ter apresentado o maior valor de C-BMS, porém maior atividade respiratória, este último fato pode explicar o maior qCO_2 nesse sistema. Partelli et al. (2012) encontraram valores maiores de qCO_2 , que indicam que os microrganismos do solo em condições de estresse consomem mais carbono oxidável para a sua manutenção. Nunes et al. (2009) encontraram valores de qCO_2 maiores em áreas de queimada e no cultivo em leiras, e menores na área de mata nativa e área com 5 anos de pousio. Os autores afirmam que uma área com menor teor de COT e maior qCO_2 mostra que apesar da limitação de alimentos, os microrganismos consomem mais energia para a sua manutenção.

O quociente microbiano ($qMic$), que representa a relação C-BMS/Corg, podem mensurar perdas ou acúmulo de C no solo (Lourente et al., 2011). Verificou-se superioridade na $qMic$, em MN, de 6,46, 23,88 e 40,79% em relação aos sistemas de CO, SAF e AQ, respectivamente (Tabela 4). Os valores do quociente microbiano estão diretamente relacionados com a quantidade e qualidade da matéria orgânica da área. Em áreas sem intervenção antrópica pode ocorrer estoque de matéria orgânica, visto que a adição supera a retirada e com o aumento da biomassa microbiana nessa área, o $qMic$ tende a aumentar (Dadalto et al., 2015).

Conclusão

A substituição da vegetação nativa por sistemas de manejo exploratórios causa alterações significativas nos atributos químicos do solo, provocando desequilíbrio entre os elementos essenciais.

O sistema que emprega o manejo de queimadas proporciona o enriquecimento da fertilidade do solo, com elevação nos teores de P, K, Ca e Mg, e a neutralização do Al com a elevação do pH do solo nessa área.

A atividade microbiológica não apresentou resultados estatisticamente significativos para RBS, C-BMS e $qMic$, ou seja, não houve diferença entre os sistemas de manejo do solo sobre a biomassa e atividade microbiana.

A área de MN apresentou menor qCO_2 do que os demais sistemas avaliados, indicando uma condição de equilíbrio. O SAF, CO e AQ se encontram em uma provável condição de estresse.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

Alef, K.; Nannipieri, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995.

- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Moraes Gonçalves, J. L.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Anderson, T. H.; Domsch, K. H. Soil microbial biomass: The eco-physiological approach. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 12, p. 2039-2043, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.06.026>
- Aragão, D. V.; Carvalho, C. J. R.; Kato, O. R.; Araújo, C. M.; Santos, M. P.; Mourão Júnior, M. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no nordeste paraense. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 1, p. 11-18, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100002>
- Benintende, S. M.; Benintende, M. C.; Sterren, M. A.; Battista, J. J. Soil microbiological indicators of soil quality in four rice rotations systems. **Ecological Indicators**, v. 8, n. 5, p. 704-708, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.12.004>
- Cantarella, H.; Trivelin, P. C. O. Determinação de nitrogênio em solo pelo método da destilação a vapor. In: Raij, B.; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p. 270-276.
- Cherubin, M. R.; Eitelwein, M. T.; Fabbris, C.; Weirich, S. W.; Silva, R. F.; Silva, V. R.; Basso, C. J. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 615-625, 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140462>
- Cunha, E. Q.; Stone, L. F.; Ferreira, E. P. B.; Didonet, E. D.; Moreira, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistema de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 56-63, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000100008>
- Dadalto, J. P.; Fernandes, H. C.; Teixeira, M. M.; Cecon, P. R.; Matos, A. T. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p. 506-513, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n3p506-513/2015>
- Defilipo, B. V.; Ribeiro, A. C. **Análise química do solo: metodologia**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- Dick, D. P.; Martinazzo, R.; Dalmolin, R. S. D.; Jacques, A. V. A.; Mielniczuk, J.; Rosa, A. S. Impacto da queima nos atributos químicos do solo, na composição da matéria orgânica e na vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 5, p. 633-640, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000500011>
- Donagema, G. K.; Campos, D. V. B.; Calderano, S. B.; Teixeira, W. G.; Viana, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- Evangelista, C. R.; Partelli, F. L.; Ferreira, E. P. B.; Pires, F. R. Atributos microbiológicos do solo na cultura de cana-de-açúcar sob manejo orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1549-1562, 2013. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1549>
- Farias, C. A. F.; Rios, M. L.; Rocha, A. A. Uso da terra e degradação ambiental nas Sub-Bacia do Riacho do Quirino - Caculé, BA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 215-233, 2013.
- Gatto, A.; Barros, N. F.; Novais, R. F.; Costa, L. M.; Neves, J. C. L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 635-646, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000500006>

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados climáticos**. 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

Iwata, B. F.; Leite, L. F. C.; Araújo, A. S. F.; Nunes, L. A. P. L.; Gehring, C.; Campos, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 730-738, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000700005>

Kaschuk, G.; Alberton, O.; Hungria, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 1-13, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.08.020>

Lima, S. S.; Leite, L. F. C.; Oliveira, F. C.; Costa, D. B. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em Argissolo Vermelho-Amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 51-60, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000100006>

Lira, R. B.; Dias, N. S.; Alves, S. M. C.; Brito, R. F.; Sousa Neto, O. N. Efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da Caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 18-24, 2012.

Lorenzon, A. S.; Brianezi, D.; Valdetaro, E. B.; Souza, C. M.; Martins, S. V.; Ribeiro, C. A. A. S.; Silva, E.; Jacovine, L. A. G. Análise química de um solo florestal após ocorrência de fogo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 4, n. 2, p. 142-147, 2014. <https://doi.org/10.21206/rbas.v4i2.269>

Loro, L.; Carvalho, L.; Novak, E.; Portilho, I.; Brumatti, A. Caracterização de atributos químicos do solo em diferentes sistemas de manejo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, p. 1-12, 2016.

Lourente, E. R. P.; Mercante, F. M.; Alovise, A. M. T.; Gomes, C. F.; Gasparini, A. S.; Nunes, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 20-28, 2011. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i1.8459>

Maia, S. M. F.; Xavier, F. A. S.; Oliveira, T. S.; Mendonça, E. S.; Araújo Filho, J. A. Frações de nitrogênio em Luvisolo sob sistemas agroflorestais e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 381-392, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100036>

Marques, L. F.; Souza, A. P.; Bandeira, C. M.; Bandeira, L. B.; Melo, R. S. Impacto da queimada na biomassa microbiana de solo em fragmento de mata atlântica no Estado da Paraíba. **Engenharia Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 18-32, 2015.

Matos, F. O.; Castro, R. M. S.; Ruivo, M. L. P.; Moura, Q. L. M. Teores de nutrientes do solo sob sistema agroflorestal manejado com e sem queima no estado do Pará. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 3, p. 257-266, 2012. <https://doi.org/10.4322/loram.2012.031>

Nunes, L. A. P. L.; Araújo Filho, J. A.; Holanda Júnior, E. V.; Menezes, R. Y. Q. Impacto da queimada e de enleiramento de resíduos orgânicos em atributos microbiológicos de solo sob Caatinga no semiárido nordestino. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 131-140, 2009.

Oliveira, K. J. B.; Lima, J. S. S.; Ambrósio, M. M. Q.; Neto, F. B.; Chaves, A. P. Propriedades nutricionais e microbiológicas do solo influenciadas pela adubação verde. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 23-33, 2017. <https://doi.org/10.19084/RCA16010>

- Partelli, F. L.; Vieira, H. D.; Ferreira, E. P. B.; Viana, A. P.; Martins, M. A.; Urquiaga, S. Chemical and microbiological soil characteristics under conventional and organic coffee production systems. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 43, n. 5, p. 847-864, 2012. <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.648470>
- Pezarico, C. R.; Vitorino, A. C. T.; Mercante, F. B.; Daniel, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista Ciências Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.
- Redin, M.; Santos, G. F.; Miguel, P.; Denega, G. L.; Lupatini, M.; Doneda, A.; Souza, E. L. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 381-392, 2011. <https://doi.org/10.5902/198050983243>
- Rheinheimer, D. S.; Santos, J. C. P.; Fernandes, V. B. B.; Mafra, A. L.; Almeida, J. A. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p. 49-55, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000100008>
- Rocha, O. M.; Ramos, M. L. G.; Veiga, A. D.; Guerra, A. F.; Bartholo, G. F.; Rodrigues, G. C.; Silva, J. E. Chemical and hydrophysical attributes of an Oxisol under coffee intercropped with brachiaria in the Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1476-1483, 2016. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900046>
- Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumbrellas, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Araújo Filho, J. C.; Oliveira, J. B.; Cunha, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018.
- Signor, D.; Czczyca, R. V.; Milori, D. M. B. P.; Cunha, T. J. F.; Cerri, C. E. P. Atributos químicos e qualidade da matéria orgânica do solo em sistemas de colheita de cana-de-açúcar com e sem queima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1438-1448, 2016. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900042>
- Silva, A. S.; Silva, I. F.; Ferreira, L. E.; Borchardt, L.; Souza, M. A.; Pereira, W. E. Propriedades físicas e químicas em diferentes usos do solo no brejo paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 1064-1072, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000400023>
- Silva, G. F.; Santos, D.; Silva, A. P.; Souza, J. M. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 25-35, 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n303rc>
- Simon, C. A.; Ronqui, M. B.; Roque, C. G.; Desenso, P. A. Z.; Souza, M. A. V.; Kühn, I. E.; Camolese, H. S.; Simon, C. P. Efeitos da queima de resíduos do solo sob atributos químicos de um latossolo vermelho distrófico do cerrado. **Nativa**, v. 4, n. 4, p. 217-221, 2016.
- Sousa Neto, O. N.; Dias, N. S.; Lira, R. B.; Silva, E. F.; Ferreira, L. L.; Freitas, J. J. R. Chemical attributes of traditional agriculture and Caatinga managed at different depths in an Inceptisol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 50-55, 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n1p50-55>
- Sousa, D. M. G.; Miranda, L. N.; Oliveira, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: Novais, R. F.; Alvarez V.; V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 203-274.
- Stefanoski, D. C.; Santos, G. G.; Marchão, R. L.; Petter, F. A.; Pacheco, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001200008>

Vance, E. D.; Brookes, P. C.; Jenkinson, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6)

Vieira, A. C.; Melloni, R.; Melloni, E. G. P.; Guimarães, M. C.; Freitas, M. S.; Pecoraro, D. Fogo e seus efeitos na qualidade do solo de pastagem. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 6, p. 1703-1711, 2016. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.6.p1703-1711>

Wastowski, A. D.; Rosa, G. M.; Cherubin, M. R.; Rigon, J. P. G. Caracterização dos níveis de elementos químicos em solo, submetido a diferentes sistemas de uso e manejo, utilizando espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva (EDXRF). **Química Nova**, v. 33, n. 7, p. 1449-1452, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000700005>

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.org/10.1080/00103628809368027>



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.