

IMPACTO DA QUEIMADA E DE ENLEIRAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DE SOLO SOB CAATINGA NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes

Professor Adjunto, UFPI, Campus Cinobilina Elvas, CEP:64.030370, Bom Jesus – PI
E-mail: lanunes@ufpi.br

João Ambrósio de Araújo Filho

Professor Adjunto, UVA, Curso de Zootecnia, CEP: 62.030-370, Sobral – PI
E-mail: ambrosio@embrapa.caprinos.br

Evandro Vasconcelos Holanda Júnior

Pesquisador da EMBRAPA / Caprinos,; CEP: 62.030-370, Sobral-CE
E-mail: evandro@embrapa.caprinos.br

Rony Ítalo de Queiroz Menezes

Aluno do curso de Zootecnia, UVA, 62.030-370, Sobral – CE
E-mail: ronyitalo@bol.com.br

RESUMO - A presente pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito da queima tradicional e do enleiramento de resíduos orgânicos em atributos biológicos de solos sob caatinga. Foram selecionadas quatro áreas de caatinga de 1 ha, a saber: a) área que foi desmatada, queimada e plantada com milho e feijão, após cinco anos de pousio (CQ); b) área que foi desmatada e os resíduos orgânicos reunidos em leiras e plantada com milho e feijão entre as leiras, após cinco anos de pousio (CL); c) área com 5 anos de pousio (P5); d) mata secundária com cerca de 50 anos (Mata). Foram coletadas, nessas áreas, amostras de solos nas camadas de 0 – 20 cm compostas de vinte subamostras em março de 2006. Foram avaliados o carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal microbiana (C-CO₂), quociente metabólico microbiano ($q\text{ CO}_2$) e relação CBM:COT ($q\text{MIC}$). Em adição foram avaliados o carbono orgânico total (COT) e alguns atributos químicos do solo. Os maiores valores de CBM e relação CBM:COT foram encontrados na Mata, P5 e CL, enquanto os de COT foram registrados na Mata, CQ e P5. Os maiores valores de liberação de C-CO₂ foram observados em CQ e Mata, seguidos de CL e P5. O $q\text{CO}_2$ foi maior no CQ, em comparação aos demais tratamentos que não diferiram entre si. A análise multivariada mostrou ser uma ferramenta auxiliar importante ao discriminar o CBM como sendo o atributo que mais contribuiu na separação entre as áreas estudadas.

Palavras chave: sustentabilidade, qualidade de solo, CO total, C-biomassa microbiana, quociente metabólico

IMPACT OF THE FOREST FIRE AND ENLEIRAMENT OF ORGANIC RESIDUES IN BIOLOGICAL ATTRIBUTES IN SOIL UNDER CAATINGA IN THE NORTHEASTERN SEMI-ARID

ABSTRACT - The present research had as objective to evaluate the effect of the traditional forest fire and the enleirament of organic residues in attributes biological in soil under caatinga. Four areas of caatinga of 1 ha been selected, to know: (a) the area that were deforested, forest fire and planted with maize and beans, after five years of pousio (CQ); b) area that was deforested and the placed organic residues in leiras and planted with maize and beans between the leiras, after five years of pousio (CL); c) area with 5 years of pousio (P5); d) secondary forest established 50 years (Mata). They had been collected, in these areas, soil samples in the layers of 0 - 20 cm composed of twenty subamostras in March of 2006. The following attributes was evaluated in microbiana biomass carbon (CBM), microbial basal respiration (C-CO₂), microbial metabolic quotient ($q\text{ Co}_2$) and relation CBM:COT ($q\text{MIC}$). In addition, was evaluated the total organic carbon (COT) and some attributes quimic of soil. The highest values of CBM and relation CBM:COT had been found in Mata, P5 and CL, while of COT they had been registered in Mata, CQ and P5. The highest values of C-CO₂ release had been observed in CQ and NF, followed of CL and P5. The $q\text{CO}_2$ rate was higher in the CQ, comparison to the too much treatments that they had not differed between itself. The multivaried analysis was an important auxiliary tool fos suggesting CBM as an attribute to discriminate the studied areas.

Key word: sustainability, soil quality, total organic carbon, soil microbial biomass, metabolic carbon

INTRODUÇÃO

Desde a época da colonização, a agricultura que vem sendo praticada no bioma caatinga é a itinerante ou migratória, ou seja, o agricultor desmata, queima por um período de dois anos e a área é então deixada em repouso para a recuperação de sua capacidade produtiva. Inicialmente, o período de pousio era extenso, uma vez que a população humana era pequena. Todavia, presentemente, a demanda de alimento aumentou consideravelmente, resultando no uso mais intensivo da terra, o que encurtou o tempo de repouso, tornando-o desta forma, insuficiente para que os processos de sucessão possam recompor a vegetação e a fertilidade do solo (Araújo Filho & Barbosa, 2000). Hoje, a agricultura de subsistência é praticada em áreas onde a vegetação encontra-se em estágio sucessional arbustivo, com a fertilidade do solo ainda não recuperada.

As queimadas, utilizadas para limpar o terreno, vêm causando também perdas consideráveis na biodiversidade da caatinga, com o desaparecimento de plantas e animais (Araújo Filho & Barbosa, 2000, Menezes et al. 2005b) e declínio de sua produtividade (Menezes et al. 2005a), visto que alteram significativamente os atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo (Maia et al., 2003). Este tipo de manejo de solo contribui, ainda, para a intensificação dos processos erosivos e o assoreamento de mananciais (Albuquerque et al., 2001), tendo como consequência a fragilização do ecossistema. Em relação a vegetação, pode-se afirmar que acima de 80% da caatinga são sucessionais, cerca de 40% são mantidos em estado pioneiro de sucessão secundária e a desertificação já se faz presente em, aproximadamente, 15% da área (Araújo Filho & Carvalho, 1997).

A produtividade obtida no primeiro ano nessas condições é muito baixa, situando-se em torno de 600 a 800 kg ha⁻¹ para o milho e 300 a 400 kg ha⁻¹ para o feijão. Entretanto, levando-se em consideração que para cada

hectare em produção deveria haver pelo menos 10 em pousio, a safra se torna ínfima, reduzindo-se para cerca de 60 a 68 kg ha⁻¹ de milho e 30 a 40 kg ha⁻¹ de feijão (Araújo Filho e Carvalho, 2001). Por outro lado, a manipulação da vegetação da caatinga, seguida de práticas de conservação dos recursos naturais, pode aumentar a produção de milho em até 60% (Araújo Filho, 2003) e a manutenção de atributos biológicos indicadores da qualidade do solo (Maia, 2003) por meio da incorporação da matéria orgânica, uma vez que a produção total de fitomassa da vegetação da caatinga pode alcançar valores superiores a 5,0 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Carvalho, 2003).

Portanto, a exploração de uma cultura na caatinga deve estar condicionada à utilização racional de diversos fatores de produção não apenas com vistas em obter índices de produtividade, mas também no sentido de preservar a sustentabilidade e qualidade do solo. Uma boa qualidade do solo constitui-se no mais importante elo entre as práticas agrícolas e a agricultura sustentável (Santana & Bahia Filho, 1998).

O presente estudo objetivou verificar alterações em atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em decorrência da queima tradicional e de enleiramento de resíduos orgânicos, em comparação com áreas em pousio e mata no ecossistema caatinga.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental localiza-se na Fazenda Crioula, pertencente ao Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos (CNPIC) da EMBRAPA, estando situada no município de Sobral – CE. O município se encontra na região semi-árida cearense e está a 3° 41' S e 40° 20' W, com altitude de 69 m. A temperatura média anual é de 30 °C e a precipitação média anual de 798 mm com chuvas distribuídas de janeiro a maio (Figura 1). O solo dominante é um Luvisolo Crômico Órtico pouco profundo, e textura areno argilosa.

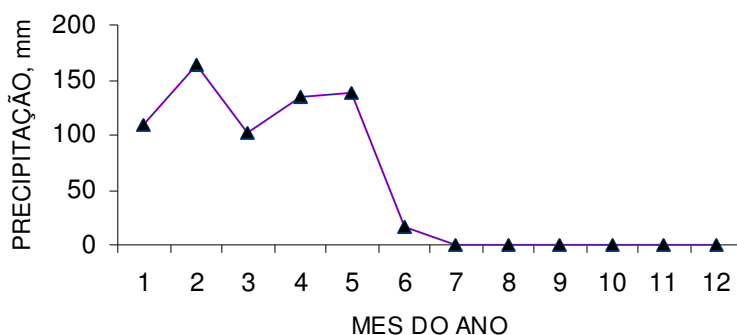


Figura 1 - Média mensal de precipitação, registrada pela EMBRAPA - Caprinos, no período de janeiro a dezembro de 2005

Para esta pesquisa foram selecionadas quatro áreas de caatinga adjacentes uma a outra: a) área que foi

desmatada, queimada (em novembro de 2005), após cinco anos de pousio, e plantada com milho e feijão, (CQ); b)

área que foi desmatada, e os resíduos orgânicos foram colocados em leiras, após cinco anos de pousio, e plantada com milho e feijão entre as leiras, (CL); c) área com 5 anos de pousio (P5); d) mata com cerca de 50 anos (Mata) que foi tomada como referência. visto que, teoricamente, é um sistema que está em equilíbrio e os processos de adição e perda de carbono orgânico se equivalem.

Foram coletadas, nessas áreas, amostras de solos nas camadas de 0 – 10 cm compostas de vinte subamostras em março de 2006 (aproximadamente 120 dias após a queima), que foram homogeneizadas e passadas em peneira com malha de 2mm. As amostras destinadas para análises da biomassa microbiana e sua atividade (respiração basal) foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas em caixas de isopor com gelo para o laboratório, onde foram mantidas sob refrigeração até serem analisadas.

Foram realizadas as seguintes análises químicas: pH em água, teores de fósforo (P), alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), conforme método descrito pela Embrapa, (1999). O carbono orgânico total (COT) foi determinado pelo método de Walkley-Black (Jackson, 1958) e a transformação dos valores de COT para matéria orgânica (MO) foi feita pela relação $M.O. = 1,724 \times COT$.

Dentre os indicadores microbiológicos avaliou-se o carbono da biomassa microbiana (CBM) e a atividade respiratória. O CBM foi determinado pelo método de fumigação-extração proposto por Vance et al., (1987), sendo extraído com K_2SO_4 0,5 mol L⁻¹ na razão 1: 2,5 solo : extrator e calculado pela diferença entre os teores de CBM das amostras de solo fumigadas e as amostras não-fumigadas. A partir dos valores do CBM e do conteúdo de CO, foi calculado o quociente microbiano (qMIC), por meio da seguinte expressão: $qMIC = CBM / COT \times 100$.

A atividade respiratória foi estimada em laboratório pela quantificação do CO₂ liberado durante sete dias de incubação do solo em sistema fechado, onde o CO₂ foi

capturado em solução de NaOH 1 mol L⁻¹ e, posteriormente, titulado com HCl 0,5 mol L⁻¹ (Isermeyer, 1952 citado por Alef et al., 1995), sendo os resultados expressos em $\mu g\ m^{-2}\ d^{-1}$ de CO₂. O quociente metabólico (qCO_2), que representa a respiração microbiana por unidade de biomassa (Anderson & Domsch, 1985), foi calculado e expresso em $\mu g\ biomassa^{-1}\ d^{-1}$ de CO₂.

Os resultados foram submetidos à análise de variância sob um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições e a comparação de médias entre cada sistema foi feita por meio da aplicação do teste SNK utilizando o procedimento GLM do pacote estatístico SAS @ (2000). Adicionalmente realizou-se uma análise multivariada dos dados por meio da Análise Canônica Discriminante (ACD), para identificar as características mais relevante na discriminação das diferentes áreas amostradas. Este tipo de análise permite também separar as áreas de amostragem com base em funções canônicas discriminantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificaram-se melhorias em alguns atributos químicos proporcionados pela queima, como, por exemplo, Ca²⁺ e valores de pH e redução nos teores de H + Al trocáveis (Tabela 1), resultados parecidos aos encontrados por Menezes et al., (2005a) e Fernandes & Fernandez (2002). Esta condição de alcalinidade pode ter favorecido o desenvolvimento de uma população de organismos colonizadores de crescimento rápido (Sakamoto & Obo, 1994), gerando uma menor diversidade e desequilíbrio no uso de energia neste sistema de manejo, pois uma alta diversidade está geralmente associada à elevada estabilidade da comunidade, onde cada população desempenha papel funcional que determina a manutenção normal dos fluxos de matéria e energia em cada nível trófico de um ecossistema particular (Tótolá & Chaer, 2002).

Tabela 1 - Características químicas de um Luvissole Crômico Órtico sob diferentes tipos de manejo, no município de Sobral-CE

Sistemas de manejos	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	SB	V
		mg dm ⁻³			mmol _c dm ⁻³			%
CQ ⁽¹⁾	7,3	7	6,05	97,0	25,0	13,2	128,63	91
CL ⁽²⁾	6,6	3	5,58	58,0	25,0	25,6	89,16	78
P5 ⁽³⁾	6,4	2	6,05	56,0	27,0	23,9	89,63	79
Mata ⁽⁴⁾	6,4	6	3,53	77,0	16,0	33,8	97,19	74

(1) - área de caatinga desmatada, queimada e plantada com milho e feijão; (2) - área de caatinga desmatada cujos resíduos foram distribuídos em leiras e plantada com milho e feijão; (3) – área de caatinga com 5 anos de pousio; (4) – mata natural de caatinga.

No entanto, diversos estudos têm demonstrado que essa melhoria química é temporária, uma vez que, nesta situação, com o passar do tempo, a queima resulta em maiores teores e saturação de Al³⁺ e maior acidez potencial, bem como em menores teores de bases

trocáveis e P (Rheinheimer et al., 2003; Sampaio et al., 2003; Fernandez et al., 1997), o que causa também distúrbios na comunidade microbiana do solo, pois processos fisiológicos da maioria dos microrganismos, como a desnaturação de proteínas e inibição enzimática,

por exemplo, são afetados negativamente, pela elevação da concentração de Al^{3+} no solo (Moreira & Siqueira, 2002).

Os maiores teores de COT e CBM foram observados no sistema de Mata seguido do sistema P5, que se mostraram muito próximo (Figura 2A e 2B). O COT na Mata ($18,72 \text{ g kg}^{-1}$) foi 10% maior que o observado no sistema CQ ($16,86 \text{ g kg}^{-1}$), enquanto o CBM da Mata ($247,70 \text{ mg kg}^{-1}$) foi 48% maior que o do CQ ($135,9 \text{ mg kg}^{-1}$), o que caracteriza a CBM com um indicador de qualidade de solo mais sensível ao decréscimo na quantidade de MO do solo. Isto ocorre porque a biomassa

microbiana é a fração mais ativa da matéria orgânica com tempo de reciclagem de 0,2 a 0,6 ano bem maior que a biomassa vegetal, proporcionando assim um grande fluxo de carbono e nutrientes no solo (Moreira & Siqueira, 2002). Para Stenberg (1999) “ Solos que mantêm alto conteúdo de biomassa microbiana são capazes de estocar e ciclar mais nutrientes através do sistema”. Assim, mudanças significativas no CBM podem ser detectadas muito antes de alterações no COT, permitindo a adoção de medidas corretivas antes que a perda da qualidade do solo seja crítica.

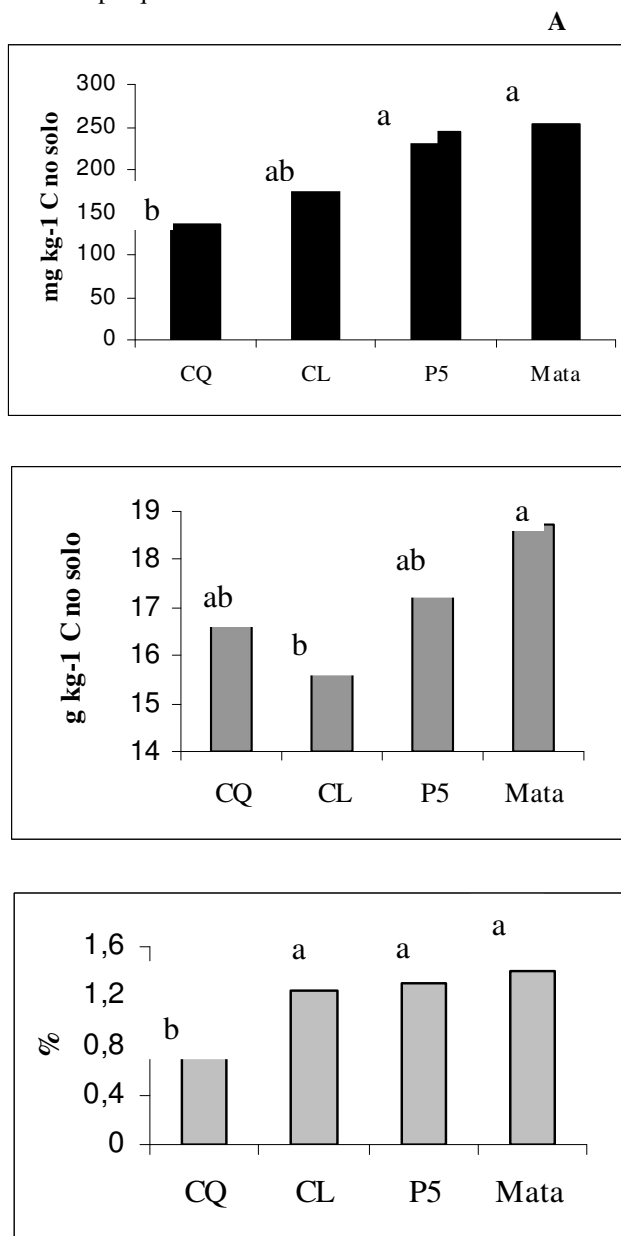


Figura 2 – Carbono da biomassa microbiana (A), carbono orgânico total (B) e relação CBM:COT (C), em quatro tratamentos de manejo de solo sob caatinga no semi-árido nordestino

* As médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

** CQ: área desmatada, queimada e plantada com milho e feijão; CL: área desmatada cujos resíduos foram enleirados e plantada com milho e feijão; P5 – área com 5 anos de pousio; MATA – mata natural.

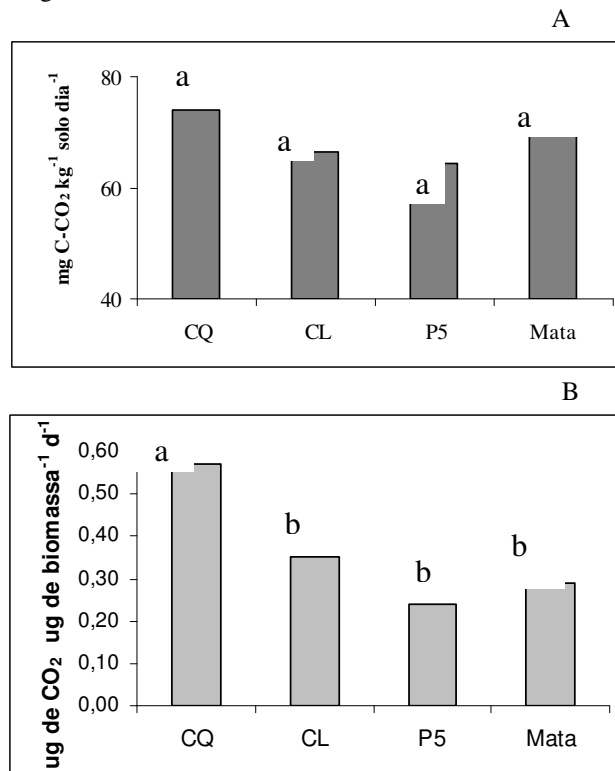
Por sua vez, os valores de COT e CBM para o sistema onde os resíduos provenientes do desmatamento foram reunidos em leiras (CL) apresentaram-se intermediários (Figuras 2A e 2B), o que mostra que este tipo de manejo pode ser uma alternativa de uso do solo sob caatinga sem causar tanta degradação. Nunes et al. (2006) trabalhando em um Argissolo Crômico Órtico, encontraram na mata natural e em uma área com cinco anos de pousio maiores valores de carbono da biomassa (416 e 438 $\mu\text{g g}^{-1}$ de CBM) respectivamente, enquanto que o tratamento que sofreu queimada apresentou o menor valor (87 $\mu\text{g g}^{-1}$ de CBM).

A relação CBM:COT (q_{MIC}) (Figura 2C) teve o mesmo comportamento da biomassa microbiana (Figura 2B), ou seja, a mata e P5 mostraram maior relação CBM:COT, seguidos de SL e SQ. Esses valores indicam que a dinâmica da matéria orgânica no sistema SQ é bem mais lenta, visto que a queimada eliminou a cobertura vegetal, excluindo a entrada de material orgânico, tanto na parte aérea como no sistema radicular. Valores de q_{MIC} menores que 1,0, tal como encontrado em CQ, também foram observados por Nunes et al. (2006) em solos sob caatinga que sofreram queimadas e foram cultivado com milho e feijão, por Marchiori Júnior e Melo, (1999) em uma Terra Roxa estruturada cultivada com algodão durante 10 anos e por Geraldine et al. (1995) em pastagem com 15 anos em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Em circunstâncias de desequilíbrio ambiental, com matéria orgânica de baixa qualidade ou em situação em que a biomassa experimenta algum fator de estresse

(deficiência de nutrientes, acidez, déficit hídrico, etc.), a capacidade de utilização de C é diminuída e, neste caso, o q_{MIC} diminui (Wardle, 1994). Por outro lado, em ecossistemas estáveis, onde predominam condições favoráveis, há uma tendência de aumento da atividade microbiana e, em consequência, o q_{MIC} tende a crescer, até atingir um equilíbrio (Insam & Domsch, 1988). Desse modo, ambientes preservados, em estado de equilíbrio, o valor desta relação pode ser usada como padrão para avaliar o quanto um solo se encontra degradado.

Os maiores valores de atividade respiratória em laboratório foram encontrados nos solos dos sistemas CQ e M50 (Figura 3A), o que poderia indicar uma maior equilíbrio energético nesses sistemas. No entanto, na avaliação de atividade respiratória devemos ter cuidados na interpretação dos resultados, uma vez que elevados valores de respiração tanto pode ser resultantes de acúmulo de matéria orgânica rica em frações lábeis (carboidratos, compostos nitrogenados e a própria biomassa microbiana e seus metabólitos) à superfície do solo, suscetível à decomposição com conseqüente liberação de nutrientes para as plantas, conforme verificado no sistema de mata, como pode ser reflexo de um consumo intenso de C oxidável pela população microbiana para a sua manutenção, em circunstâncias em que a biomassa microbiana encontre-se sob algum fator de estresse, de acordo com os valores observados nos sistemas SQ.



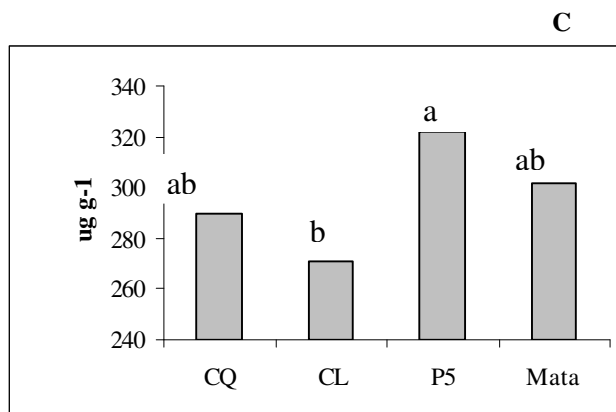


Figura 3 – Valores de respiração basal microbiana (A), de qCO_2 (B) e matéria orgânica total (C) nos sistemas estudados
* As médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**CQ: área desmatada, queimada e plantada com milho e feijão; CL: área desmatada cujos resíduos foram enleirados e plantada com milho e feijão; P5 – área com 5 anos de pousio; MATA – mata natural.

Os sistemas com Mata e P5 apresentaram os menores valores de qCO_2 (0,29 e 0,24 μg de CO_2 μg de biomassa d^{-1}), respectivamente, enquanto que CQ (0,57 μg de CO_2 μg de biomassa d^{-1}) e CL (0,35 μg de CO_2 μg de biomassa d^{-1}) apresentaram maiores valores nesta variável (Figura 3C). Valores elevados de qCO_2 indicam alto requerimento energético da biota e, conseqüentemente, maiores perdas de C no sistema na forma de CO_2 e são característicos de ecossistemas submetidos a algum tipo de estresse ou distúrbio, onde normalmente se desenvolve microrganismos de crescimento rápido. Nunes (2003) ressalta a importância de se considerar a taxa de respiração por unidade de biomassa, no caso o qCO_2 , em estudo de qualidade de solos, pois, em alguns casos, não são detectadas diferenças entre solos degradados e preservados quando se avalia apenas a respiração.

Solos que sofrem queimadas apresentam mudanças na composição e atividade metabólicas específicas considerando o estresse da população em função do efeito da temperatura elevada (Rheinheimer et al., 2003); umidade (Nunes, 2003; Orchard & Cook, 1983) dentre outros. Neste estudo, a Mata e P5 mostraram ser sistemas mais conservativos, com menores perdas de C e de maior sustentabilidade, no que se refere ao fluxo desse elemento.

Assim, a prática de queima tradicional na caatinga, nas condições estudadas, caracterizou-se prejudicial, uma vez que aumentou a taxa respiratória da microbiota, elevando as perdas de C na forma de $C-CO_2$ (Figura 3B), mostrando um ambiente com maior grau de distúrbio ou de estresse, onde há um superávit de produção orgânica em relação à respiração, conforme a teoria de “Desenvolvimento Bioenergético dos Ecossistemas” Odum (1969), que enfatiza que os microrganismos podem

variar muito sua taxa metabólica de reposição, dependendo das condições ambientais.

Neste estudo, apesar de não se ter realizado análise de correlação percebe-se que em conteúdo de matéria orgânica baixo (CQ) (Figura 3C) os valores de qCO_2 tendem a ser maior que em conteúdos mais elevado (Mata) (Figura 3B), confirmando a situação de estresse imposta pela limitação de alimentos aos microrganismos que embora em menor quantidade consome mais energia para a sua manutenção. Algumas pesquisas (Baretta, 2005; Maia, 2003) tem confirmado que a população de microrganismos em solos de monocultura ou queimados tem necessidade energética mais elevada (maiores atividades metabólicas específicas) para sua manutenção do que aquela de solo sob vegetação nativa que parece não estar submetido a estresse.

A análise multivariada canônica discriminante (ACD) demonstrou, nas duas funções discriminantes canônicas (FDC1 e FDC2), uma alta relação canônica, sendo as duas funções ajustáveis para explicar as variações encontradas para os valores de CBM, COT, $C-CO_2$ e qCO_2 nas áreas estudadas (Tabela 2). Por ser uma relação de divisão direta altamente influenciada pelos valores de CBM, o $qMIC$ não foi considerada na avaliação, visto que poderia infringir um fenômeno tendencioso sobre a análise multivariada.

O teste de LSD a 5% de significância de média de todos os coeficientes canônicos homogeneizados (CCH), mostrou dentre FDC1 e FDC2 que houve diferenças entre os sistemas estudados (Tabela 2). Na FDC1, os sistemas P5, Mata e CL diferiram estatisticamente do sistema CQ. Por sua vez no FDC2, o sistema CQ obteve a maior média, diferindo estatisticamente dos sistemas P5, Mata e CL (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise de variância media dos coeficientes homogêneos da primeira e segunda função discriminante (FDC1 e FDC2) referentes aos valores de atributos biológicos do solo nos sistemas de manejo estudados

Tratamento	FDC1	FDC2
CQ ⁽¹⁾	-1,5273 b	1,8732 a
CL ⁽²⁾	-1,3407 b	-1,6043 b
P5 ⁽⁴⁾	2,7879 a	0,2702 b
Mata ⁽³⁾	0,0801 b	-0,5391 b

* Médias seguidas da mesma letra minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si a 5% pelo teste LSD

⁽¹⁾ CQ: área desmatada, queimada e plantada com milho e feijão; ⁽²⁾ CL: área desmatada cujos resíduos foram enleirados e plantada com milho e feijão; ⁽³⁾ P5 – área com 5 anos de pouso; ⁽⁴⁾ MATA – mata natural

Os valores do coeficiente de correlação canônica (r) mostram a contribuição de cada atributos estudado na separação das áreas. Por sua vez, os valores do coeficiente canônico homogêneo (CCH) refletem informações relativas à contribuição conjunta das características para a contribuição das áreas (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores de coeficientes de correlação canônica (r), coeficientes canônica homogêneo (CCH) referentes aos atributos biológicos do solo, em quatro tratamentos de manejo no semi-árido nordestino

Variável	R		CCH	
	FDC1	FDC2	FDC1	FDC2
CBM	0,6086	-0,5031	0,7095	-0,5457
C-CO ₂	-0,7664	0,3013	-0,8409	0,3077
qCO ₂	-0,6855	0,6988	-0,7167	0,6794
COT	0,3342	0,1394	0,4692	0,1821

O CBM mostrou, dentro do FDC1 (Tabela 3), os maiores valores de r e CCH, o que indica que esta variável apresentou um melhor desempenho de alterações decorrentes de uso do solo, sendo responsável no somatório de todas as variáveis por praticamente toda a separação entre as áreas avaliadas. Isto confirma os resultados de outras pesquisas (Doran, & Parkin, 1996; Balota et al., 1998; Islam & Weil, 2000; D'Andrea et al., 2002; Baretta, 2005) em que o CBM foi selecionado como um dos mais promissores para inclusão em índices de qualidade do solo, por apresentar grande sensibilidade quando são efetuadas comparações com o solo em seu estado natural. O COT apresentou valores de r e CCH próximos ao CBM dentro da FDC1 (Tabela 3), enquanto que o qCO₂ mostrou os maiores valores dentro do FDC2, tanto no r e CCH.

Pela figura 4 pode-se observar que a FDC1 separa o sistema que sofreu queimada (CQ) dos demais (CL, P5 e Mata), enquanto a FDC2 separa os sistemas Mata e P5 dos sistemas manejados antropicamente (CQ e CL). Assim, a FDC2 demonstra os possíveis efeitos negativos que a prática da queima e o desmatamento para o plantio de milho e feijão possam exercer sobre a qualidade e a sustentabilidade do C no solo. Desta forma, o CBM

discriminou grupos gerais de sistemas, enquanto o C-CO₂ e o qCO₂ demonstraram interferências externas aos sistemas.

CONCLUSÕES

Os sistemas de manejos utilizados reduziram os teores de carbono da biomassa microbiana. Essa redução foi maior no sistema de queima tradicional e menor no sistema em que se fez o enleiramento dos resíduos provenientes do desmatamento.

A atividade microbiana, avaliada por meio da respiração basal não diferiu entre a Mata nativa e os demais sistemas estudados. O maior valor de qCO₂ foi encontrado no sistema que sofreu queimada, não apresentando diferenças as demais áreas entre si.

O enleiramento de resíduos orgânicos mostrou ser uma prática de manejo menos agressiva ao ambiente em relação à queimada quanto aos indicadores de qualidade de solo estudados.

A análise multivariada mostrou que o carbono da biomassa microbiana foi o atributo que mais contribuiu para a separação entre as áreas estudadas

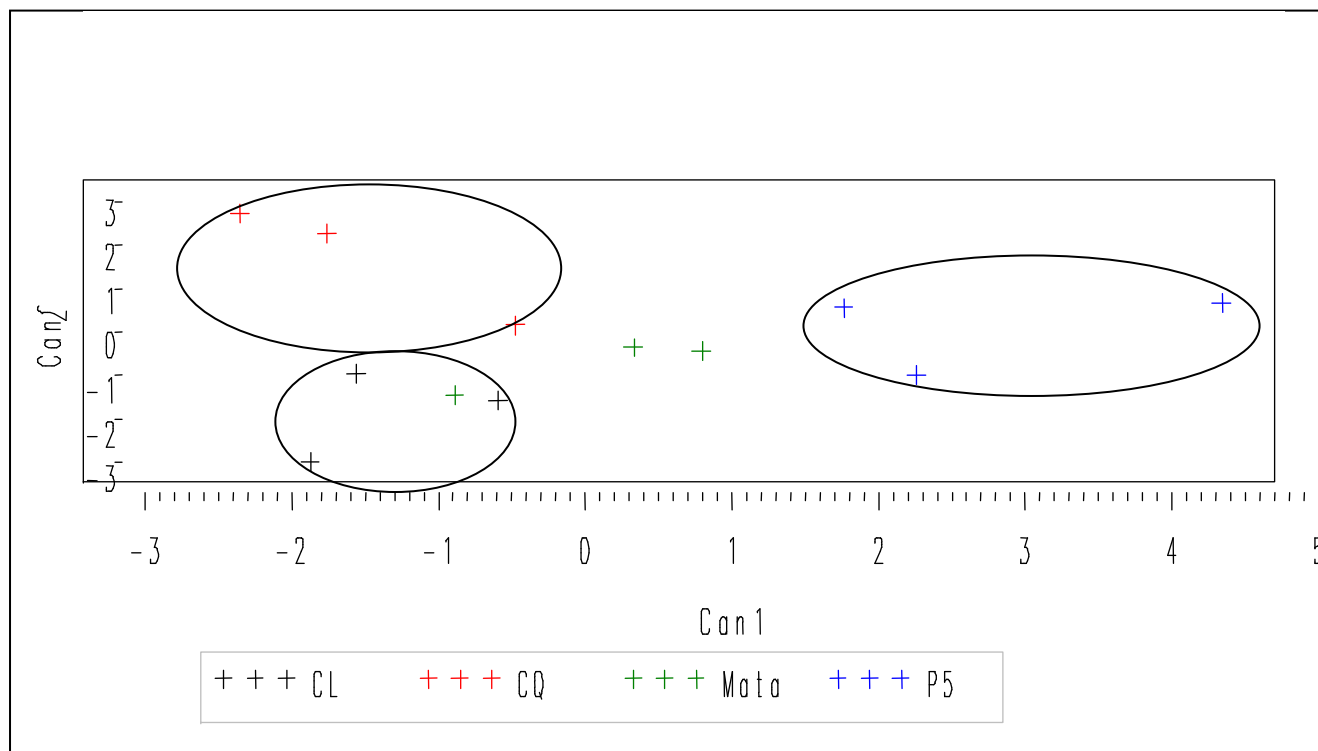


Figura 4 . Relação entre a primeira e segunda função discriminante canônica (FDC1 e FDC2) sobre os coeficientes de correlação canônica de carbono da biomassa microbiana, respiração basal, carbono orgânico total e quociente metabólico, em quatro tratamentos de manejo de solo sob caatinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A.W., LOMBARDI NETO, F., SRINIVASAN, V.S. Efeito do desmatamento da Caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 10-17, 2001.
- ALEF, K.; NANNIPIERI, P & TRAZAR-CEPEDA, C. Phosphatase activity. In: ALEF, K. & NANNIPIERI, P. (eds.) **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**, Academic Press, 1995, p. 335-344.
- ANDERSON, T.H. & DOMSCH, K.H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganism in a dominant state. **Biology Fertility Soils**, v. 1, p. 81-89, 1985.
- ARAÚJO FILHO, J.A. Sistemas de produção sustentáveis para a região da caatinga. **Relatório Final de Projeto**. EMBRAPA – CNPC, Sobral, 2003. 14p.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; BARBOSA, T.M.L. . Manejo agroflorestal de Caatinga: uma proposta de sistema de produção. In: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS JUNIOR, R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, 2000, p. 47-57.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C. Sistemas de produção agrossilvipastoril para o semi-árido nordestino. In: CARVALHO, M.M., ALVIM, M.J., CARNEIRO, J.C (eds.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora, 2001, p. 101-110.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C. **Desenvolvimento sustentado da caatinga**. Sobral: Embrapa - Caprinos, 1997, 19p. (Embrapa - Caprinos, circular técnica, 13).
- BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A; ANDRADE, D.S & HUNGRIA, M. Biomassa e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 641-649, 1998.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; FIGUEIREDO, S. R.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p. 715-724, 2005.
- CARVALHO, F.C. **Sistema de produção agrossilvipastoril para a região semi-árida do Nordeste do Brasil**, 2003, 77p. Dissertação (Doutorado

em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul no estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p. 913-923, 2002.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J. (Eds.) **Methods for assessing soil quality**. Madison, Soil Sci. Soc Am., 1996, p. 25-37 (Special Publication, 39).

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1999, 212p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1997, 212p.

FERNANDES, A. H. B. M.; FERNANDES, F. A. **Características químicas do solo em área de pastagem nativa recém queimada no Pantanal arenoso, MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 18p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 36).

FERNANDEZ, I.; CABANEIRO, A.; CARBALLAS, T.. Organic matter changes immediately after a wild-fire in Atlantic Forest soil and comparison with laboratory soil heating. **Soil Biology Biochemistry**, v.29, p. 1-11, 1997.

GERALDES, A.P.A.; CERRI, C.C.; FEIGL, B.J. Biomassa microbiana de solo sob pastagens na Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p. 55 - 60, 1995.

ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal Soil Water Conservation**, v. 55, p. 69-79, 2000.

INSAM, H. & HASELWANDTED, K. Metabolic quotient of the soil microflora in relation to plant succession. **Oecologia**, v.79, p. 174-178, 1989.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall Inc., 1958, 498p.

MAIA, S. M. F. **Compartimento da matéria orgânica e perdas de solos e água em sistemas agroflorestais e convencional no trópico semi-árido cearense**, 2003, 88p. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

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 Ciências do Solo**, Viçosa, v.23, p. 257-263, 1999.

MENEZES, R.I.Q; NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A.; SILVA, N.L. Efeito da queimada e do pousio sobre a produtividade e as propriedades físicas e químicas de um solo sob caatinga no semi-árido nordestino. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. CD room..., Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005a.

MENEZES, R.I.Q; NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A.; SILVA, N.L. Efeito da queimada e do pousio sobre a fauna de um solo sob caatinga no semi-árido nordestino. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. CD room..., Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005b.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002, 626p.

NUNES, L.A.P.L. **Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no município de Viçosa – MG**. 2003, 102p. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A. ; MENEZES, R.I.Q. Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob caatinga no semi-árido nordestino. **Revista Caatinga**, v. 9, p. 200-208, 2006.

ODUM, E.P The strategy of ecosystems development. **Science**, 164:262-270, 1969.

ORCHARD, V. & COOK, F.J. Relationship between soil respiration and soil moisture. **Soil Biology Biochemistry**, v.15, p. 447-453, 1983.

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, p. 49-55, 2003

SAKAMOTO, K.; OBO, Y. Effects of fungal to bacterial ratio on the relationship between CO₂ evolution and total microbial biomass. **Biology Fertility Soils**, v.17, p 39 - 44, 1994.

SAMPAIO, F.R.A.; FONTES, L.E.F; COSTA, L.M.; JUCKSCH, I. Balanço de nutrientes e da fitomassa em um Argissolo Amarelo sob floresta tropical amazônica após a queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.27, p. 1161-1170, 2003.

SANTANA, D.F. & BAHIA FILHO, A.F.C. Soil quality and agriculture sustainability in the Brazilian Cerrado. In: WORD CONGRESSS OF SOIL SCIENCE, 16, 1998. Montpellier, França. Proceedings, Montpellier. ISSS, 1998- CD-ROM.

SAS User's guide: statistics – version 8. Ed. Cary, Stastical Analysis Systems Institute, 2000.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil Plant Science**, v. 49, p. 1-24, 1999.

TÓTOLA, M.R. & CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos. In: ALVAREZ V. V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R., BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V; COSTA, L.M (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2002, vol. 2, p. 195-276.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. Na extraction method for measuring soil microbial biomass – C. **Soil Biology Biochemistry**, v.19, p.703-707, 1987.

WARDLE, D.A. Metodologia para quantificação de biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M. & ARAÚJO, R.S. (Eds.) **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília, EMBRAPA, 1994, P. 419-436.