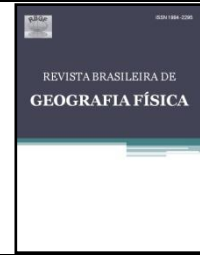




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Fogo e seus efeitos na qualidade do solo de pastagem

Ana Camila Vieira¹, Rogério Melloni², Eliane Guimarães Pereira Melloni³, Mariana Carvalho Guimarães⁴, Mariana Santos Freitas⁵ e Danilo Pecoraro⁶

¹Bióloga, Mestre em Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto de Recursos Naturais (IRN), Universidade Federal de Itajubá (Unifei), Avenida BPS, 1303. CEP 37.500-903. Itajubá, MG. Autor correspondente: E-mail: anacamila.acvieira@gmail.com. Ex bolsista Capes. ²Engenheiro Agrônomo, Prof. Dr., IRN, Unifei. Email: rogerio.melloni@gmail.com (autor para correspondência). ³Engenheira Agrônoma, Profa. Dra., IRN, Unifei. Email: eliane.melloni@gmail.com. ⁴Graduanda em Engenharia Ambiental, IRN, Unifei. E-mail: marianac.guimaraes@hotmail.com. ⁵Graduanda em Engenharia Ambiental, IRN, Unifei. E-mail: mari.santosfreitas@hotmail.com. ⁶Graduando em Engenharia Ambiental, IRN, Unifei. E-mail: danpeco94@gmail.com.

Artigo recebido em 24/11/2016 e aceito em 21/11/2016

RESUMO

O manejo de pastagem utilizando o fogo é comum. Poucos trabalhos abordam o efeito do fogo na qualidade do solo por meio da associação de atributos físicos, químicos e microbiológicos. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito imediato do fogo sobre atributos físicos, químicos e microbiológicos de solo de pastagem, no sul de Minas Gerais, classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, de modo a observar a sua atuação como indicadores do impacto desse manejo. Foram estudados dois ambientes, queimado e não queimado, os quais foram subdivididos em 5 parcelas cada, com amostragem de solo em três profundidades (0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm), para avaliação dos atributos físicos (textura, DMG, DMP, índice de floculação, macro e microporosidade, porosidade total), químicos (fertilidade básica) e microbiológicos (atividade e biomassa microbianas, quociente metabólico, densidade total de celulolíticos, amonificantes, desnitrificantes, nitrificantes e bactérias diazotróficas rizosféricas). O fogo não promoveu efeito na estrutura do solo e nos grupos microbianos estudados. Porém, proporcionou, na superfície do solo, maiores teores de P e K, e impactos negativos na biomassa microbiana e quociente metabólico, considerados bons indicadores do efeito do fogo na pastagem.

Palavras-chave: Queimada, Pasto, Indicador, Microbiologia do solo.

Fire and its effects on the quality of pasture

ABSTRACT

The pasture management using fire is common. Few studies address the effects of fire on soil quality through the combination of physical, chemical and microbiological attributes. The objective of this study was to evaluate the immediate effect of fire on physical, chemical and microbiological pasture soil, in the southeast of Minas Gerais, classified as Red Yellow Ultisol, in order to observe their performance as the impact of management indicators. Two environments were studied burned and unburned, which were divided into five portions each with soil sampling at three depths (0-5 cm, 5-10 cm and 10-20 cm) for evaluation of physical attributes (texture, DMG, DMP, flocculation index, macro and microporosity, total porosity), chemical (basic fertility) and microbiological (activity and microbial biomass, metabolic quotient, total density of cellulolytic, ammonifiers, denitrifiers, nitrifiers and rhizospheric diazotrophic bacteria). The fire did not cause effect on soil structure and microbial groups studied. However, it provided, on the soil surface, higher levels of P and K, and negative impacts on microbial biomass and metabolic quotient, considered good indicators of the effect of fire on pasture.

Key-words: Burning, Pasture, Indicator, Soil microbiology.

Introdução

A utilização do fogo como prática de manejo do solo é comum no Brasil, principalmente em áreas rurais. É utilizado com a finalidade de

“limpar” áreas agrícolas, controlar pragas e doenças, preparar o solo para o plantio, renovar pastagens, melhorar a oferta e qualidade dos alimentos, abrir novas áreas de plantio, entre

outros. Quando aplicado em uma determinada área, dependendo de sua intensidade, duração e das características do ecossistema atingido (ex. composição vegetal, topografia, clima etc.), o fogo afeta, de forma direta ou indireta, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Redin et al., 2011; Muñoz-Rojas et al., 2016). Como resultado, pode provocar uma série de alterações na dinâmica e na estrutura do solo, alterando seus atributos físicos, químicos, biológicos e bioquímicos (Barreiro et al., 2010).

Avaliar a qualidade do solo após o fogo, considerando seus atributos físicos, químicos e microbiológicos e comparar com uma área que não sofreu tal processo pode auxiliar no conhecimento do efeito desta prática sobre a funcionalidade e sustentabilidade do solo. Qualidade do solo pode ser definida como a sua capacidade de sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar e dar suporte para habitação e saúde humana (Karlen et al., 1997), ou seja, manter o bom funcionamento de todas as funções no ambiente, tendendo sempre ao seu equilíbrio ou sustentabilidade.

No entanto, avaliar a qualidade do solo por meio de seus atributos é uma tarefa complexa devido às inúmeras inter-relações que podem existir entre os atributos físicos, químicos e microbiológicos, e os múltiplos tipos e usos de solos. Sendo assim, a utilização de diversos indicadores de qualidade é de grande importância para a avaliação da sustentabilidade ambiental do solo (Melloni et al., 2008).

As características do ecossistema afetam no desenvolvimento do fogo, por exemplo, no tempo de duração e na intensidade. A intensidade do fogo refere-se à força relativa do fogo no ambiente, podendo ser alta, moderada ou baixa (Keeley, 2009). Segundo esses autores, é medida pela relação inversa entre a energia liberada pelo fogo por unidade de área atingida e a velocidade de propagação. Um fogo “rápido” consome pouco combustível e causa menos danos ao ambiente, em contrapartida, um fogo “lento”, consome mais material combustível, permanecendo ou agindo por mais tempo, podendo causar mais danos ao mesmo. Em áreas de pastagem, até mesmo por suas características de vegetação baixa, o efeito/duração do fogo tende a ser rápido quando comparado a uma vegetação densa de florestas.

Em um estudo realizado no Parque Nacional Serra de Itabaiana, em Sergipe-Brasil, White et al. (2014) avaliaram as características do material combustível superficial, referentes às três

formações vegetais predominantes na região, campos gramíneos, matas e areia branca. Os autores encontraram maior quantidade de material combustível na vegetação de mata (12,5 t ha⁻¹), enquanto que os campos gramíneos apresentaram apenas 3,7 t ha⁻¹. Os autores afirmam que a baixa quantidade de material combustível nos campos gramíneos sugere que os incêndios nessas áreas sejam de pequeno porte, com queima rápida de todo material combustível, quando comparado com outras vegetações.

Reconhecendo a importância da sustentabilidade do solo, da manutenção da qualidade do mesmo e os possíveis impactos que a prática do fogo pode causar sobre os atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo, o presente estudo pretende contribuir para o conhecimento dos efeitos imediatos que a prática do fogo possa causar no solo, identificando as alterações diretas por meio de indicadores que possam ser utilizados em programas de manejo do solo onde o fogo é normalmente aplicado.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito imediato do fogo sobre atributos físicos, químicos e microbiológicos de solo de pastagem, de modo a observar a sua atuação como indicadores do impacto desse manejo, comumente empregado na região sul de Minas Gerais.

Material e métodos

A área de estudo localiza-se no município de Itajubá (MG), situado a 22°30'30" de latitude sul, 45°27'20" de longitude oeste, a 842 metros de altitude média, sob clima tipo Cwa e precipitação média anual de 1.417 mm (INPE, 2012). Os ambientes são representativos da região e compostos por pastos comumente utilizados para criação extensiva de gado e agricultura. O solo da área de estudo pertence à classe dos Argissolos, classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, com relevo ondulado à forte ondulado (UFV, 2010). A área de pastagem foi dividida em dois ambientes, queimado, onde o fogo ocorreu acidentalmente uniformemente (Lat.: 22°23'2.86"S Long.: 45°25'28.33" O) e não queimado, utilizado como controle (Lat.: 22°23'0.26"S Long.: 45°25'35.16" O), com distância de aproximadamente 200 m entre os ambientes.

A área de estudo foi, portanto, dividida em dois ambientes, queimado e não queimado, com delimitação de 5 parcelas de 4 x 4 m cada, correspondendo às unidades experimentais. Dentro de cada parcela foram delimitados, aleatoriamente, 5 pontos para coleta das amostras simples, de

forma a comporem cada amostra composta. Nesses pontos, em setembro de 2014, dois dias após a ocorrência do fogo, foram realizadas coletas de amostras deformadas de solo em três profundidades, 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, além de uma amostra indeformada de solo por parcela.

Com as amostras deformadas das três profundidades, determinaram-se a estabilidade de agregados por peneiramento seco, calculando-se, posteriormente, o diâmetro médio geométrico (DMG), o diâmetro médio ponderado (DMP) e o índice de floculação. A textura do solo, como atributo complementar, foi determinada pelo método de pipeta, com resultados aplicados no Diagrama Triangular simplificado. Das amostras indeformadas, determinaram-se a porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade global do solo pelo método da mesa de tensão. Todos os atributos físicos seguiram metodologias propostas pela Embrapa (1997). Além disso, uma porção de cada amostra deformada de solo, previamente seca em temperatura ambiente e peneirada em malha de 2 mm, foi utilizada para a determinação da fertilidade básica, também conforme Embrapa (1997).

De cada amostra deformada, peneirada em malha de 2 mm, foram avaliados como atributos bioquímicos: a atividade microbiana, o carbono da biomassa microbiana pelo método de irradiação/incubação e o coeficiente metabólico – qCO_2 , seguindo as metodologias descritas em Melloni et al. (2008). Como atributos microbiológicos, determinaram-se a densidade total dos seguintes grupos microbianos: celulolíticos e amonificantes; desnitrificantes e nitrificantes (Oliveira et al.,

2013), pela técnica do Número Mais Provável (NMP), além de bactérias diazotróficas rizosféricas, por contagem em meios específicos NFb, FAM e JNFb, conforme metodologias descritas em Silva et al. (2011).

Os resultados dos atributos analisados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$). Para aqueles cuja distribuição normal não foi verificada, realizou-se a transformação dos dados por raiz quadrada. Posteriormente realizou-se a análise de variância (ANOVA) e comparações de médias pelo teste Tukey ($\alpha=0,05$), utilizando o *software* SISVAR, versão 5.3. Posteriormente, com as médias dos atributos físicos, químicos e microbiológicos nos ambientes e nas diferentes profundidades, foi aplicada estatística multivariada, técnica dos componentes principais (PCA), pelo método *Complete Linkage*, utilizando o *software* PC-ORD, versão 5.10.

Resultados e discussão

A caracterização física das amostras de solo deformadas e indeformadas dos ambientes queimado e não queimado encontra-se na Tabela 1. Não houve interação entre os fatores ambiente e profundidade, mas apenas efeito do fator ambiente para os atributos DMG e DMP. Dessa forma, esses atributos mostraram-se sensíveis ao efeito do fogo, sendo os maiores valores encontrados no ambiente não queimado, diferindo significativamente do ambiente não queimado. Finalmente, não houve efeito para nenhum dos fatores nos atributos índice de floculação, macro e microporosidade, porosidade total e densidade global do solo.

Tabela 1. Caracterização física das amostras de solo avaliadas quanto ao fator ambiente.

Ambiente	DMG	DMP	Índice de floculação	Textura (dag/kg)			Porosidade (%)			Densidade global
	mm	mm		Areia	Silte	Argila	Macro	Micro	Total	
Queimado	4,57 b	4,80 b	81,41	38,70	28,25	33,05	51,95	4,54	47,21	1,21
Não queimado	5,29 a	5,01 a	78,93	36,06	30,08	33,86	45,95	2,84	43,12	1,11
CV (%)	7,34	1,82	4,80	7,03	13,62	8,86	8,26	6,57	40,15	8,36

Valores seguidos de letras diferentes, diferem entre si na coluna pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

CV = coeficiente de variação.

Em estudo realizado sobre a influência da temperatura no diâmetro e estabilidade de agregados em chernossolo, no Canadá, Thomaz (2011) constatou que, sob temperatura de 200 °C, advinda da aplicação de fogo, houve redução dos

agregados maiores do solo (diâmetro de 2,0 mm), sendo esses os mais afetados pela alta temperatura, devido, possivelmente, à destruição dos agentes cimentantes dos agregados (matéria orgânica). O mesmo autor afirmou que temperaturas baixas

(100-150 °C) são facilmente alcançadas pelo fogo quando aplicado em áreas agrícolas e sugerem que, a esta temperatura, também podem ocorrer alterações na estabilidade dos agregados.

Freitas et al. (2013), em estudo sobre produção familiar da Amazônia e os impactos causados pelos agroecossistemas nos atributos do solo, também constataram alterações na estabilidade de agregados em solos submetidos à queima. Os resultados do estudo indicaram uma redução no tamanho dos agregados, sendo, em curto prazo, influenciada pela queima. Como verificado no presente estudo, os agregados do solo no ambiente queimado apresentaram valores inferiores, podendo, talvez, esta diferença estar associada à ocorrência da queimada.

Quanto aos atributos químicos (Tabela 2), também não houve interação entre os fatores. Para

o fator ambiente, houve diferença no teor de P, com maior quantidade no solo queimado em relação ao solo não queimado. Nesse sentido, em estudo sobre o efeito do fogo nas características químicas e biológicas do solo em sistema de bracinga, Pomianoski et al. (2006) constataram que as cinzas continham grande quantidade de P, K, Ca e Mg, enriquecendo o solo queimado com esses nutrientes e que, como no presente estudo, houve incremento no teor de P do solo (Tabela 2).

Porém, Dick et al. (2008), avaliando o impacto do fogo nos atributos químicos e composição da matéria orgânica do solo e na vegetação, ao compararem solo de mata nativa, pasto natural e pasto queimado, constataram que a concentração de P não diferiu entre os pastos, sendo somente superior na mata nativa.

Tabela 2. Caracterização química das amostras de solo avaliadas quanto ao fator ambiente e ao fator profundidade

Ambiente	pH	K		P	Ca	Mg	Al	H+Al
		mg/dm ³			cmol/dm ³			
Queimado	5,01	133,73	5,16 a	1,14	0,43 b	1,05 a	5,60 a	
Não queimado	5,20	114,5	2,78 b	1,21	0,76 a	0,63 b	4,68 b	
Profundidade (cm)								
0-5	5,32	172,25 a	5,68 a	1,51	0,94 a	0,53 b	4,33 b	
5-10	5,03	112,25 b	3,40 ab	1,06	0,45 b	0,91 ab	5,35 ab	
10-20	4,95	87,85 b	2,83 b	0,95	0,34 b	1,08 a	5,75 a	
CV (%)	7,12	31,32	54,75	57,19	59,99	46,25	18,83	

Ambiente	SB	t	T	V	m	M.O.	P-Rem
	cmolc/dm ³			%		dag/kg	mg/L
Queimado	1,91	2,96	7,51 a	25,22	41,19 a	2,44	18,38 b
Não queimado	2,16	2,78	6,81 b	31,51	24,57 b	2,57	22,45 a
Profundidade (cm)							
0-5	2,79 a	3,31	7,12	38,52 a	17,89 b	2,84 a	21,53
5-10	1,80 ab	2,71	7,15	25,30 ab	36,24 ab	2,47 ab	21,39
10-20	1,52 b	2,59	7,22	21,28 b	44,52 a	2,20 b	18,33
CV (%)	50,78	24,71	9,24	42,57	53,10	15,51	17,12

Valores seguidos de letras diferentes, diferem entre si na coluna pelo teste de Tukey (p<0,05).

CV = coeficiente de variação. Ausência de letras significa o valor médio observado para cada ambiente (independentemente da profundidade) e para cada profundidade (independentemente do ambiente)

Capogna et al. (2009), avaliando o efeito de diferentes intensidades de fogo sobre os atributos químicos e biológicos nos componentes do solo, observaram uma concentração maior de P

no tratamento com fogo de maior intensidade, sendo os maiores valores encontrados 245 dias após o fogo. Os autores constataram que o aumento consistiu principalmente pela liberação de P por

combustão da matéria orgânica, estimulada pela queima intensa.

No presente trabalho, observou-se manutenção do teor de matéria orgânica no solo, para o fator ambiente, tanto queimado quanto não queimado, ambos considerados baixos pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004). Observou-se diferença somente quanto ao fator profundidade, sendo que a camada entre 10-20 cm apresentou menores valores em relação à camada superficial. Corroborando esses dados, Chaer e Tótola (2007) também não encontraram diferença no teor de matéria orgânica ao avaliar atributos biológicos em área de eucalipto sob diferentes manejos, entre eles com o uso do fogo. No entanto, em estudo sobre fertilidade química do solo sob pastagem com o fogo como manejo, Tavares Filho et al. (2011) constataram que o teor de matéria orgânica foi afetado pelo uso constante do fogo. Porém, este resultado foi encontrado apenas em pastagens com queima anual, sendo os demais ambientes estudados pelos autores, pastagens com queima a cada dois ou três anos e pastagem sem queima, sem diferença significativa quanto ao teor de matéria orgânica. Paralelamente,

Os teores de Al, acidez potencial (H+Al) e o índice de saturação de alumínio (m) foram maiores e significativamente diferentes também no ambiente queimado, enquanto o teor de Mg foi

superior no solo não queimado. Resultado semelhante foi encontrado por Iwata et al. (2012) em um estudo sobre o efeito de sistemas agroflorestais nos atributos químicos de Argissolo Vermelho-Amarelo. Os autores constataram que os teores de Al e H+Al foram maiores em solos manejados com queima constante, como no presente estudo.

Para os atributos bioquímicos (Figura 1), comparando-se a interação entre os fatores ambiente e profundidade, apenas a atividade não apresentou diferença significativa, porém essa mostrou-se sensível ao fator ambiente pois foi o único atributo que apresentou efeito significativo quanto a este fator, com maior valor para o ambiente não queimado (Tabela 3). Comparando-se apenas a profundidade 0-5 cm, para o solo queimado a biomassa determinada foi quase 5 vezes menor do que no solo não queimado. Na mesma profundidade, ao comparar o coeficiente metabólico (qCO_2), é possível verificar o efeito contrário, com o solo queimado apresentando valores de qCO_2 quase 7 vezes maior do que no solo não queimado. Essa relação de incremento do qCO_2 , advindo de uma redução da biomassa em detrimento da atividade, pode indicar uma condição estressante aos microrganismos (Anderson e Domsch, 2010) em virtude do fogo na superfície.

Tabela 3. Caracterização bioquímica das amostras de solo avaliadas quanto ao fator ambiente

Ambiente	Biomassa microbiana Cmic ($\mu C/g$ terra seca)	Atividade microbiana mg CO_2/g de solo	qCO_2 mg C- CO_2/g de solo
Queimado	1747,11	62,75 b	0,08
Não queimado	2419,57	82,09 a	0,05
CV (%)	30,47	20,11	4,00

Valores seguidos de letras diferentes, diferem entre si na coluna pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

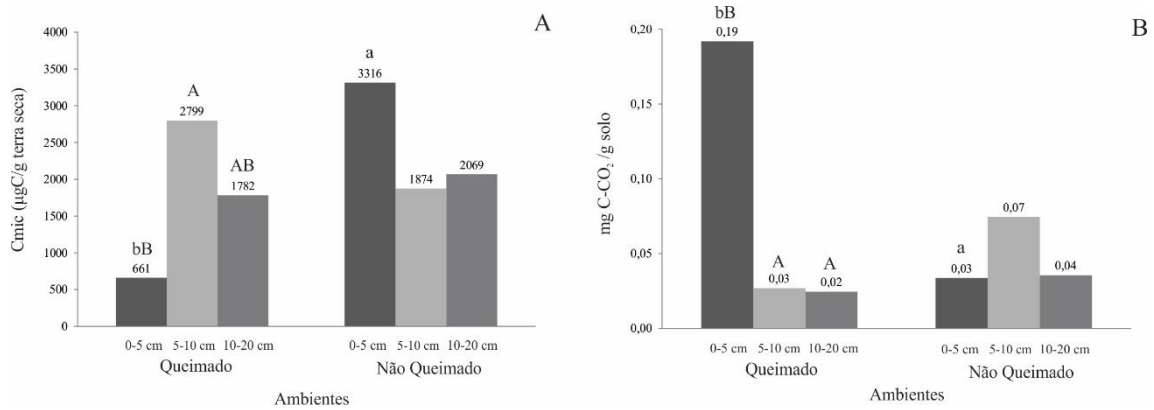


Figura 1. Biomassa microbiana (A) e qCO_2 (B) em solo queimado e não queimado, em três profundidades, medidas em centímetros.

Letras minúsculas e distintas diferem estatisticamente os tratamentos dentro de cada profundidade, e valores seguidos por letras maiúsculas diferem estatisticamente as profundidades dentro de cada tratamento, por Tukey ($p < 0,05$).

Estudando atributos microbiológicos de um solo sob cultivo de cana-de-açúcar, com e sem queima da palhada, Paredes Junior et al. (2015) constataram que, na camada superficial do solo (0-5 cm), os valores de carbono da biomassa microbiana foram inferiores no solo com queima ($361,66 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo) em relação ao sem queima ($433,43 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo), concordando com os resultados do presente estudo. Da mesma forma, em estudo sobre o impacto do fogo e do pousio sobre a qualidade de um solo sob caatinga, Nunes et al. (2006) constataram uma redução na biomassa microbiana do solo queimado, sendo o valor encontrado 24 vezes menor do que o obtido na área não queimada.

Evangelista et al. (2013) constataram que na camada mais superficial do solo (0-10 cm), a prática de manejo com a queima interfere diretamente na respiração do solo, promovendo a competição entre microrganismos e o estresse microbiano. A taxa de respiração e de qCO_2 nas áreas com queima foram maiores do que as taxas encontradas nos demais tratamentos avaliados, sem queima. De acordo com os autores, a alteração do ambiente promoveu o estresse da comunidade microbiana do solo. Na tentativa de buscar novamente o equilíbrio, naquele experimento

ocorreu um aumento na taxa de respiração e no consumo de energia para metabolizar os nutrientes disponíveis.

Quanto aos atributos microbiológicos, não houve efeito significativo em nenhum grupo microbiano avaliado, para o fator ambiente e interação entre ambientes e profundidades. Para o fator profundidade, somente o grupo dos desnitrificantes apresentou variação, porém independente do efeito do fogo (Tabela 4). Nesse caso, a sensibilidade desses indicadores pode ser considerada baixa ao efeito do fogo aplicado nos ambientes. No entanto, não se pode afirmar que o fogo possui nenhum ou baixo impacto nos microrganismos do solo, pois, conforme observado na Figura 1, a biomassa microbiana e o qCO_2 , atributos diretamente relacionados aos processos microbiológicos, apresentaram-se sensíveis ao mesmo. Pode-se dizer que o fogo aplicado ao ambiente estudado, por se tratar de área de pastagem composta por vegetação rasteira, normalmente não é de grande magnitude e apresenta curta duração e baixa temperatura (White et al. 2014), caracterizando uma queimada de pequeno porte, sem efeito nos grupos microbiológicos, pelos métodos utilizados.

Tabela 4. Caracterização microbiológica (grupos microbianos) das amostras de solo avaliadas quanto ao fator ambiente e ao fator profundidade

Ambiente	Celulolíticos	Amonificantes	Desnitrificantes	Nitritadores	Nitratadores
Queimado	7,84	6,34	3,86	4,06	3,70
Não queimado	7,78	6,32	3,76	4,24	3,73

Profundidade (cm)					
0-5	8,00	6,75	3,50 b	3,79	3,81
5-10	7,79	6,05	3,63 ab	4,37	3,46
10-20	7,64	6,19	4,30 a	4,30	3,86
CV (%)	24,63	12,41	8,04	17,44	15,53

Valores seguidos de letras diferentes, diferem entre si na coluna pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Ausência de letras significa o valor médio observado para cada ambiente (independentemente da profundidade) e para cada profundidade (independentemente do ambiente)

Já os resultados da análise multivariada por componentes principais (CPs) podem ser observados na figura 2. Os componentes principais 1 e 2 explicaram 81,6 % da variância total dos dados, sendo 56,7 % do CP1 e 24,9 % do CP2 e, por isso, somente esses foram apresentados. Em destaque na figura (borda cheia), constam os ambientes queimado (QP1) e não queimado (NP1) da profundidade 1, camada superficial (0-5 cm) onde a atuação do fogo foi significativamente

maior. Comprovou-se, dessa forma, a maior relação dos indicadores (borda tracejada) teores de K e P, t e quociente metabólico (qCO_2) com a primeira profundidade do ambiente queimado. Assim, o efeito do fogo foi favorável ao aumento da disponibilidade de K e P na camada superficial do solo (Tabela 2), e desfavorável à biomassa microbiana (Figura 1A), levando a um aumento do estresse microbiológico (qCO_2), conforme previamente observado (Figura 1B).

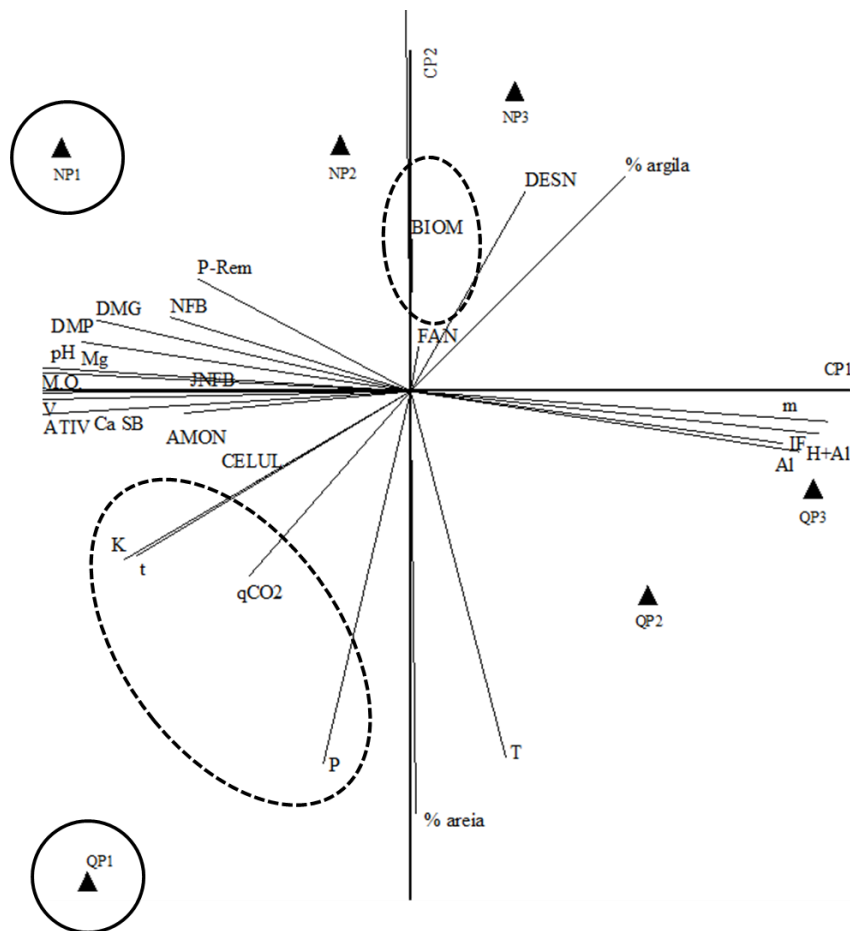


Figura 2. Componentes principais das médias dos atributos físicos, químicos e biológicos obtidos nas amostras de solo dos ambientes queimado (Q) e não queimado (N), nas profundidades P1 (0-5 cm), P2 (5-10 cm) e P3 (10-20 cm). Círculo cheio nos ambientes contrastantes superficiais queimado e não queimado.

Elipse tracejada para os indicadores de maior relação com o ambiente superficial queimado. Atributos físicos: DMG (diâmetro médio geométrico), DMP (diâmetro médio ponderado) e IF (índice de floculação), teores de areia, silte e areia (%). Atributos químicos: pH em água, teores de K, P, Ca, Mg e Al, H+Al, SB (saturação por base), t (CTC efetiva), T (CTC a pH 7,0), V (índice de Saturação por Base), m (índice de Saturação de Alumínio), MO (matéria orgânica) e P-Rem (fósforo remanescente). Atributos microbiológicos: densidade de amonificantes (AMON), de celulolíticos (CELUL), de desnitrificantes (DESN), biomassa (BIOM) e atividade (ATIV) microbianas, qCO₂, bactérias diazotróficas rizosféricas em meio JNFB, NFB e FAM.

Conclusão

1. O fogo aplicado sobre pastagem, nas condições observadas, não tem efeito na estrutura do solo e nos grupos microbianos avaliados.
2. O fogo promove maior disponibilidade de K e P na camada superficial do solo (0-5 cm).
3. O fogo causa impactos negativos na biomassa microbiana e quociente metabólico (qCO₂), considerados, portanto, ótimos indicadores do efeito desse tipo de manejo aplicado à pastagem.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio.

Referências

- Anderson, T.H., Domsch, K.H., 2010. Soil microbial biomass: The eco-physiological approach. *Soil Biology & Biochemistry* 42, 2039-2043.
- Barreiro, A., Martin, A., Carballas, T., Díaz-Raviña, M., 2010. Response of soil microbial communities to fire and fire-fighting chemicals. *Science of the Total Environment* 408, 6172-6178.
- Capogna, F., Persiani, A. M., Maggi, O., Dowgiallo, G., Puppi, G., Manes, F., 2009. Effects of different fire intensities on chemical and biological soil components and related feedbacks on a Mediterranean shrub (*Phillyrea angustifolia* L.). *Plant Ecology* 204, 155-171.
- Chaer, G.M., Tótola, M.R., 2007. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de Eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31, 1381-1396.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Porto Alegre, RS.
- Dick, D. P., Martinazzo, R., Dalmolin, R. S. D., Jacques, A. V. A., Mielniczuk, J., Rosa, A. S., 2008. Impacto da queima nos atributos químicos e na composição química da matéria orgânica do solo e na vegetação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43, 633-640.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. Centro Nacional de Pesquisas de Solo. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2 ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro.
- Evangelista, C. R., Partelli, F. L., Ferreira, E. P. B., Pires, F. R., 2013. Atributos microbiológicos do solo na cultura de cana-de-açúcar sob manejo orgânico e convencional. *Semina: Ciências Agrárias* 34, 1549-1562.
- Freitas, I. C., Santos, F. C. V., Custódio Filho, R. O., Correchel, V., Silva, R. B., 2013. Agroecossistemas de produção familiar da Amazônia e seus impactos nos atributos do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17, 1310-1317.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012. Terra Monitoramento Análise e Alerta – TerraMA². 2012.
- Iwata, B. F., Leite, L. F. C., Araújo, A. S. F., Nunes, L. A. P. L., Gehring, C., Campos, L. P., 2012. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16, 730-738.
- Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J.W., Cline, R. G., Harris, R. F., Schuman, G. E., 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal* 61, 4-10.
- Keeley, J. E., 2009. Fire intensity, fire severity, and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire* 18, 116-126.
- Melloni R., Pereira, E. G., Trannin, I. C. B., Santos, D. R., Moreira, F. M. S., Siqueira, J. O., 2001. Características biológicas de solos sob mata

- ciliar e campo cerrado no sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia* 25, 7-13.
- Melloni, R., Melloni, E. G. P., Alvarenga, M. I. N., Vieira, F. B. M., 2008. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 32, 2461-2470.
- Muñoz-Rojas, M., Lewandowski, W., Erickson, T.E., Dixon, K.W., Merritt, D. J., 2016. Soil respiration dynamics in fire affected semi-arid ecosystems: Effects of vegetation type and environmental factors. *Science of the Total Environment* 26, 1-10.
- Nunes, L. A. P. L., Araújo-Filho, J. A., Menezes, R. I. Q., 2006. Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob caatinga no semiárido nordestino. *Revista Caatinga* 19, 200-208.
- Oliveira, A. C. G., Blaiç, C. I., Lopes, D. D., Santana, S. V., Prates, K., 2013. NMP de bactérias nitrificantes e desnitrificantes e sua relação com os parâmetros físico-químicos em lodo ativado para remoção biológica de nitrogênio de lixiviado de aterro sanitário. *Revista DAE* 192, 60-69.
- Paredes Junior, F. P., Portilho, I. I. R., Mercante, F. M., 2015. Atributos microbiológicos de um latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. *Semana: Ciências Agrárias* 36, 151-164.
- Pomianowski, D. J. W., Dedecek, R. A., Vilcahuaman, L. J. M., 2006. Efeito do fogo nas características químicas e biológicas do solo no sistema agroflorestal da Bracatinga. *Boletim de Pesquisa Florestal* 52, 93-118.
- Redin, M., Santos, G. F., Miguel, P., Denega, G. L., Lupatini, M., Doneda, A., Souza, E. L., 2011. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. *Ciência Florestal* 21, 381-392.
- Silva, K., Nóbrega, R. S. A., Lima, A. S., Barberi, A., Moreira, F. M. S., 2011. Density and diversity of diazotrophic bacteria isolated from Amazonian soils using N-free semi-solid media. *Scientia Agricola* 68, 518-525.
- Tavares Filho, J., Ferreira, R. R. M., Ferreira, V. M., 2011. Fertilidade química de solo sob pastagens formadas com diferentes espécies nativas e com *Brachiaria decumbens* manejadas com queimadas anuais. *Semina: Ciências Agrárias* 32, 1771-1782.
- Thomaz, E. L., 2011. Influência da temperatura no diâmetro e na estabilidade de agregados em chernossolo, Saskatchewan, Canadá. *Ciencia del suelo* 29, 277-284.
- UFV - CETEC - UFLA - FEAM., 2010^a. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Belo Horizonte.
- White, B. L. A., Ribeiro, A. S., White, L. A. S., Ribeiro, G. T., 2014. Caracterização do material combustível superficial no Parque Nacional Serra de Itabaiana – Sergipe, Brasil. *Ciência Florestal* 24, 699-706.