

Impacto da queima nos atributos químicos e na composição química da matéria orgânica do solo e na vegetação

Deborah Pinheiro Dick⁽¹⁾, Rosane Martinazzo⁽²⁾, Ricardo Simão Diniz Dalmolin⁽³⁾, Aino Victor Ávila Jacques⁽⁴⁾, João Mielniczuk⁽²⁾ e Alessandro Samuel Rosa⁽³⁾

⁽¹⁾Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Química, Avenida Bento Gonçalves, nº 9.500, CEP 91501-970 Porto Alegre, RS. E-mail: dpdick@iq.ufrgs.br ⁽²⁾UFRGS, Departamento de Solos, Avenida Bento Gonçalves, nº 7.712, CEP 91540-000 Porto Alegre, RS. E-mail: martinazzo_ro@yahoo.com.br, joao.mielniczuk@ufrgs.br ⁽³⁾Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Solos, Avenida Roraima, nº 1.000, CEP 97105-900 Santa Maria, RS. E-mail: dalmolinrsd@gmail.com, alessandrosamuel@yahoo.com.br ⁽⁴⁾UFRGS, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Avenida Bento Gonçalves, nº 7.712, CEP 91540-000 Porto Alegre, RS. E-mail: aino@ufrgs.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual de queimadas periódicas nos atributos químicos, teor e composição da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho e na composição química da vegetação predominante. Os ambientes estudados foram: campo nativo pastejado, sem queima e sem roçada (PN); campo nativo queimado e pastejado (PQ); e mata nativa adjacente à pastagem (MN). As amostras de solo foram coletadas nas camadas 0–5, 0–20, 20–40 e 40–60 cm, para determinação dos atributos de fertilidade, teores de carbono e nitrogênio, e realização das análises de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). A parte aérea da vegetação desses ambientes foi analisada por análise elementar e FTIR. A queima da pastagem reduziu os teores de N, Mg e K e aumentou a saturação por Al no solo, em comparação ao PN. No solo sob mata, os teores dos nutrientes foram menores, e os de C e N e a saturação por Al mais elevados do que em PN. A aromaticidade da matéria orgânica do solo não diferiu entre os três ambientes estudados e aumentou em profundidade. Na vegetação da pastagem queimada, observou-se menor teor de N e maior proporção de grupos silicatados, em comparação ao PN. A vegetação de mata apresentou maior quantidade de grupamentos nitrogenados e aromáticos do que a de PN e PQ.

Termos para indexação: aromaticidade, composição elementar, FTIR, mata nativa, pastagem.

Impact of burning on soil chemical attributes and organic matter composition and on vegetation

Abstract – The objective of this study was to evaluate the residual effect of periodic burning on soil chemical attributes, composition of soil organic matter, and on vegetation of a Hapludox. Samples from three environments were studied: native pasture under grazing, without burning and shortening (NP); native pasture under grazing and burning (BP); and native forest (NF) adjacent to the pasture area. Soil samples were collected in four layers: 0–5, 0–20, 20–40 and 40–60 cm, in which fertility attributes and contents of C and N were determined, and analyses of Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) were performed. Samples from the above ground vegetation from these environments were analyzed through elemental analyses and FTIR. Pasture burning reduced soil contents of N, Mg and K, and increased Al saturation in soil, in comparison to NP soil. Nutrient contents were smaller in the soil samples under forest, when compared to NP, while C and N contents and Al saturation were greater. The aromatic character of soil organic matter did not differ among the studied environments, and increased with depth in all environments. In comparison to NP, BP vegetation had a lower N content and a greater proportion of Si groups. The forest vegetation contained more N and showed higher aromaticity than the pasture vegetation.

Index terms: aromaticity, elemental composition, FTIR, native forest, pasture.

Introdução

Em solos sob pastagem, a queima é usualmente utilizada para eliminar o material vegetal morto (mantilho), para aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo

imediatamente após a queima (Rheinheimer et al., 2003) e, assim, favorecer o rebrote e supostamente aumentar a qualidade da pastagem.

Os benefícios advindos da queima são contestados em diversos estudos. Segundo Jacques (2003), não há

necessidade de eliminar o pasto seco com o fogo, quando é exercido determinado controle da vegetação existente, pois esse material seco funciona como proteção das gemas responsáveis pela brotação e da superfície do solo, e proporciona maior retenção de água. Heringer & Jacques (2002b) postulam que, comparada a outras práticas de manejo, a queima da pastagem não melhora a qualidade da forragem e, em geral, o mantilho e o material senescente apresentam menores teores de nutrientes do que na pastagem não queimada. Conseqüentemente, a queima reduz a quantidade de nutrientes que retornam ao solo via material morto.

Em geral, aumento na disponibilidade de P (Serrasolsas & Khanna, 1995) e no teor de bases trocáveis (Rheinheimer et al., 2003) são observados imediatamente após a queima, em conseqüência do acúmulo de cinzas na superfície do solo. Entretanto, esses efeitos tendem a desaparecer, em médio prazo, na lixiviação dos nutrientes pela ação de chuvas, o que resulta em concentrações que podem ser até inferiores às observadas em solos que não sofreram ação do fogo (Knicker, 2007). A diminuição do Al trocável observada em solos do Cerrado, após a queima (Coutinho, 1990), pode ser atribuída à elevação do pH resultante do aumento da concentração de bases, conforme constatado por Ulery et al. (1993) em solos de floresta.

O impacto do fogo na quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo (MOS) depende, principalmente, da intensidade do fogo, tipo de vegetação e textura do solo (Knicker, 2007). Em Latossolo sob cerrado submetido a 21 anos de queima, Roscoe et al. (2000) observaram redução drástica dos estoques de C e N na liteira, porém, nas amostras do solo, os teores de C e N não diferiram daqueles observados para duas áreas próximas, que não sofreram ação do fogo. Comportamento diferenciado foi constatado por Knicker et al. (2005), em Cambissolo de floresta de *Pinus*, da região mediterrânea da Espanha. Nesse solo, as queimadas espontâneas freqüentes provocaram aumento de 100% nos teores de C e de N no horizonte A (0–15 cm), quando comparado com uma área próxima que não foi queimada. Esta constatação se traduziu no aumento da fração resistente à extração com solução de NaOH (fração húmica) e no aumento da proporção de estruturas aromáticas (enriquecimento de 2,9 vezes), conforme determinação por espectroscopia de RMN de ¹³C. No Brasil, especialmente em solos subtropicais, resultados sobre o impacto da queima da vegetação, na qualidade e quantidade da MOS, são ainda incipientes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual de queimadas periódicas, após oito anos de suspensão desta prática, nos atributos químicos, teor e composição da matéria orgânica, de um Latossolo Vermelho de altitude, sob pastagem, e na composição química da vegetação predominante, em comparação com uma área de mata nativa, adjacente à pastagem.

Material e Métodos

Este estudo foi realizado no Município de André da Rocha, RS, na região fisiográfica de Campos de Cima da Serra a 28°38'S, 51°34'W, e altitude aproximada de 800 m. O clima é mesotérmico (Cfb), com verões amenos, e a vegetação natural representa uma zona de transição entre o campo e a mata (de galeria e *Araucaria angustifolia*), com grande cobertura e dominância de gramíneas cespitosas (Heringer, 2000). O solo, de origem basáltica, apresenta textura argilosa e é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico típico (Streck et al., 2002).

Os ambientes selecionados para as avaliações constaram de mata nativa (MN), campo nativo pastejado sem queima e sem roçada há 41 anos (pastagem nativa – PN) e campo nativo com queima e pastejado (pastagem queimada – PQ). Na área de PQ, a queima foi realizada bianualmente durante mais de 100 anos, tendo sido suspensa há oito anos. As áreas de estudo encontram-se descritas em Heringer & Jacques (2002b) e Jacques (2003).

Em cada uma das áreas estudadas, foi selecionado um ambiente representativo de 150x150 m; os três locais situavam-se em posição semelhante na paisagem. Em cada ambiente foram demarcados, aleatoriamente, três locais para a abertura de trincheiras de aproximadamente 1x1 m de superfície e 1,5 m de profundidade. Em cada trincheira, realizou-se a descrição morfológica (Santos et al., 2005) e a coleta de amostras indeformadas, para a determinação da densidade do solo, e de amostras deformadas das três paredes da trincheira, nas profundidades de 0–20, 20–40 e 40–60 cm, para compor a amostra da repetição de campo. A fim de isolar o efeito do fogo e da vegetação, na camada superficial do solo, foi amostrada separadamente a camada de 0–5 cm, pelo mesmo procedimento descrito anteriormente. As amostras foram secadas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm, tendo sido determinados em cada repetição de campo – 36 amostras ao todo – o pH em água e os teores de Ca, Mg, Al, K e P (Tedesco et al., 1995). A partir desses dados, foram calculadas a capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_{ef}) e a saturação por alumínio.

A matéria orgânica do solo foi concentrada em amostras compostas pelas três repetições de campo, por tratamento com solução de ácido fluorídrico (HF) 10% (v/v) (MOS_{HF}), tendo-se empregado 30 mL de solução de HF e 10 g de solo (Gonçalves et al., 2003). A suspensão foi agitada durante 2 horas, em agitador horizontal (130 agitações por min), centrifugada (10 min, 3.000 rpm), e o sobrenadante foi descartado. Este procedimento foi repetido oito vezes. A seguir, o resíduo foi lavado quatro vezes com água deionizada, para remover o HF remanescente, e foi secado em estufa à temperatura inferior a 50°C.

Amostras de vegetação (VG) de cada ambiente foram coletadas em triplicata, para se identificar sua composição química e sua relação com a MOS. Foi amostrada somente a parte aérea das plantas vivas predominantes, tendo-se excluído raízes. No ambiente MN, coletaram-se folhas e ramos finos das árvores e arbustos predominantes. No laboratório, as amostras compostas foram secadas ao ar, maceradas em gral de ágata e secadas em estufa a 50°C sob vácuo.

Os teores de C e N de vegetação, solo e MOS_{HF} foram determinados em duplicata por combustão seca (Perkin Elmer 2400), tendo sido calculada a relação C/N. A massa recuperada após tratamento com HF (M_R , %) foi obtida com a relação da massa resultante após o tratamento (M_F) pela massa inicial (M_I): $M_R = [M_F/M_I] \times 100$. A fim de se averiguarem possíveis extrações preferenciais de C ou N pela solução de HF, foi calculada a razão R, que relaciona a relação C/N antes e depois do tratamento (Dick et al., 2005).

A análise por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) (Shimadzu 8300) foi realizada nas amostras de vegetação, solo e MOS_{HF} em pastilhas de KBr (1 amostra: 100 KBr), pelo uso de 32 “scans” e resolução de 4 cm^{-1} , no intervalo espectral de 4.000 a 500 cm^{-1} . A atribuição das bandas de absorção foi realizada segundo Farmer (1974) e Tan (2003), e foi calculado o índice de aromaticidade ($I_{C=C}/I_{C-H}$) (Chefetz et al., 1996), em que $I_{C=C}$ é a intensidade de absorção em torno de 1.640 cm^{-1} e I_{C-H} é a intensidade de absorção em torno de 2.920 cm^{-1} . O valor da intensidade foi obtido a partir do programa específico do equipamento, com linha de base entre 1.690 e 1.560 cm^{-1} para $I_{C=C}$, e entre 3.000 e 2.800 cm^{-1} para I_{C-H} .

Na análise estatística dos dados referentes aos atributos químicos do solo, empregou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para comparação das médias.

Resultados e Discussão

A distribuição granulométrica das amostras, coletadas nas diferentes camadas, foi de: 61 a 64% de argila, 27 a 30% de silte e 8,3 a 9,5% de areia, a 0–5 cm; 56% de argila, 31 a 36% de silte e 8,3 a 9,5% de areia, a 0–20 cm; 58 a 64% de argila, 29 a 33% de silte e 7,1 a 11% de areia, a 20–40 cm; e 68 a 73% de argila, 22 a 26% de silte e 4,3 a 5,2% de areia, a 40–60 cm. A densidade das amostras variou de 1,1 a 2,5 $g\ cm^{-3}$ e não apresentou variação entre tratamentos ou camadas.

Os solos dos diferentes ambientes estudados apresentaram valores de pH abaixo de 4,8 (Tabela 1),

Tabela 1. pH em água, teores de magnésio, cálcio, potássio e alumínio trocáveis, saturação por alumínio, CTC efetiva e teor de fósforo disponível, em diferentes camadas de solo sob mata nativa (MN), pastagem nativa (PN) e pastagem queimada (PQ), em Latossolo Vermelho distrófico típico⁽¹⁾.

Ambiente	Profundidade (cm)			
	0–5	0–20	20–40	40–60
	pH			
MN	4,2a	4,2a	4,4a	4,5a
PN	4,8b	4,8b	4,8b	4,7a
PQ	4,7b	4,7b	4,7b	4,7a
	Ca ($mg\ dm^{-3}$)			
MN	2,4a	0,9a	0,2a	0,2a
PN	2,8a	1,0a	0,5a	0,3a
PQ	1,3a	0,8a	0,4a	0,3a
	Mg ($mg\ dm^{-3}$)			
MN	1,0a	0,4a	0,1a	0,1a
PN	2,3b	0,9a	0,3a	0,2a
PQ	1,2a	0,7a	0,2a	0,1a
	K ($mg\ dm^{-3}$)			
MN	93,7a	49,3a	26,3a	24,0a
PN	285,0b	216,0b	75,5b	46,5a
PQ	126,7a	72,0a	29,0a	20,3a
	Al ($cmol_c\ dm^{-3}$)			
MN	6,0a	6,7a	7,5a	7,3a
PN	2,6b	4,1b	4,9b	4,0b
PQ	4,9a	5,8ab	5,6ab	6,0ab
	Saturação por Al (%)			
MN	60a	82a	94a	96a
PN	31b	54b	84a	89b
PQ	64a	78a	90a	94a
	CTC _{ef} ($cmol_c\ kg^{-1}$)			
MN	9,6a	8,1a	7,9a	7,6a
PN	8,4a	6,4b	5,8b	4,6b
PQ	7,7a	7,5a	6,3b	6,5ab
	P ($mg\ dm^{-3}$)			
MN	9,5a	5,3a	3,0a	2,7a
PN	4,1b	3,2b	1,7b	1,7a
PQ	4,5b	2,9b	2,2ab	2,1a

⁽¹⁾Valores seguidos por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

que é típico de Latossolos subtropicais sob vegetação nativa (Dalmolin et al., 2006). No ambiente MN, o pH do solo é mais ácido do que nos solos sob pastagem, em razão, provavelmente, do maior teor de ácidos orgânicos nesse solo de MN, o que é corroborado pelo maior teor de C determinado nessas amostras (Tabela 2).

Nos solos sob pastagem, o teor de Mg trocável, na camada 0–5 cm, foi maior na PN em comparação ao PQ. Os teores de Ca trocável apresentaram a mesma tendência, embora diferenças estatísticas não tenham sido observadas, em razão do alto coeficiente de variação apresentado para este nutriente. Nas camadas amostradas abaixo de 20 cm, as diferenças de nutrientes entre PQ e PN não foram relevantes (Tabela 1). Em condições similares de clima e solo, Heringer & Jacques (2002a) também observaram menores teores de Ca e Mg, na camada superficial de um solo submetido à queima.

Os teores de K trocável foram elevados no solo de PN, até a profundidade de 40 cm, enquanto no solo de PQ, os teores foram baixos e muito baixos, e estiveram acima do nível de suficiência somente na camada superficial (Comissão..., 2004). Provavelmente, este fato esteja condicionado às perdas de K, nas cinzas resultantes da queima por escoamento superficial (Certini, 2005). Os valores de Al trocável e saturação por Al, no solo de PQ, foram superiores aos do solo de PN até 20 cm, o que é decorrente dos menores teores de Ca, Mg e K no complexo de troca do solo de PQ.

Os teores de Ca, Mg e K trocáveis, nos solos sob pastagem no presente estudo, estão em concordância com os dados obtidos por Rheinheimer et al. (2003), ao avaliar os atributos químicos de um Cambissolo Húmico aluminico, ao longo de 350 dias após queima de pastagem nativa. Imediatamente após a queima, ocorreu aumento dos teores desses nutrientes e diminuição dos teores de Al trocável, na camada 0–2 cm; no entanto, os valores originais foram atingidos em 90 dias. Neste trabalho, as coletas de solo de PQ foram realizadas oito anos após suspensão da queima, e os resultados mostram que, após esse período, os teores desses nutrientes no solo foram inferiores aos encontrados no solo de PN.

No ambiente MN, o teor de Al trocável e saturação por Al até 20 cm de profundidade foram superiores aos observados nos solos de PN e similares aos de PQ. O teor de Mg trocável no solo de MN foi inferior ao de PN apenas na camada 0–5 cm, enquanto o K trocável foi semelhante ao de PQ até a profundidade de 40 cm. Resultado similar foi observado por Araújo et al. (2004) em um Argissolo, em que ficou evidenciada a maior eficiência da pastagem na ciclagem de nutrientes, em relação à mata nativa.

A CTC_{ef} de todas as amostras de solo analisadas foi elevada, e os valores mais altos foram observados em MN (Tabela 1). Para todo o grupo de amostras, foi obtida correlação significativa ($r \geq 0,79$; $p < 0,002$) entre CTC_{ef} e teor de C, o que evidencia a contribuição da MOS para a CTC nesse tipo de solo.

Tabela 2. Teores de carbono e nitrogênio da vegetação e do solo, antes (C e N) e após o tratamento com ácido fluorídrico (C_{HF} e N_{HF}), e respectivas relações C/N, massa recuperada após tratamento com ácido fluorídrico (M_R) e índice de aromaticidade I_{C-C}/I_{C-H} de Latossolo Vermelho distrófico típico sob mata nativa (MN), pastagem nativa (PN) e pastagem queimada (PQ).

Amostra	Prof. (cm)	C (%)	N (%)	C/N	C_{HF} (%)	H_{HF} (%)	N_{HF} (%)	C/N_{HF}	M_R (%)	I_{C-C}/I_{C-H}
MN _{veg}	-	46,2	2,6	18	nd	nd	nd	nd	nd	2,2
PN _{veg}	-	45,3	2,1	22	nd	nd	nd	nd	nd	1,3
PQ _{veg}	-	43,1	0,7	62	nd	nd	nd	nd	nd	1,2
MN _{solo}	0–5	6,3	0,54	12	34,1	3,7	2,5	14	13,0	1,3
	0–20	4,2	0,34	13	27,6	2,8	2,0	14	9,7	1,5
	20–40	2,5	0,17	15	16,7	1,6	1,0	17	6,8	2,7
	40–60	2,0	0,12	16	14,4	1,2	0,9	17	4,8	2,5
PN _{solo}	0–5	4,4	0,35	13	31,2	3,3	2,3	14	9,0	1,5
	0–20	3,5	0,28	13	36,3	4,0	2,7	14	7,9	1,3
	20–40	2,6	0,18	14	26,2	2,5	1,7	15	5,7	1,9
	40–60	1,9	0,12	16	24,0	2,1	1,6	15	3,9	2,9
PQ _{solo}	0–5	4,1	0,29	14	26,7	3,0	1,8	15	7,7	1,2
	0–20	3,2	0,22	15	25,5	2,7	1,6	16	7,3	1,4
	20–40	2,5	0,16	16	22,9	2,3	1,4	16	4,8	1,8
	40–60	2,0	0,14	15	20,9	2,2	1,4	15	3,0	2,3

Os teores de P foram maiores no solo de MN até a profundidade de 40 cm, especialmente na camada superficial de 0–5 cm, o que está de acordo com os resultados de Araújo et al. (2004), em perfis de Argissolo sob pastagem e mata.

O teor de C do solo foi relativamente elevado nos três ambientes e em todas as profundidades avaliadas (Tabela 2), o que é característico de solos sob pastagem de regiões com temperaturas amenas e com altos teores de argila (Dalmolin et al., 2006). Nas camadas inferiores, o acúmulo de C pode ser resultante de processos de translocação de MOS e sua sorção nos minerais, como também de decomposição de raízes (Dalmolin et al., 2006). Os maiores teores de C foram encontrados em solo de MN, o que era esperado, como consequência do elevado aporte de resíduos vegetais usualmente observado em sistemas florestais (Wambeke, 1992). Nos solos sob pastagem, o teor de C foi maior em PN apenas na camada superficial (0–5 cm), não tendo diferido entre ambientes nas demais profundidades analisadas (Tabela 2).

Quanto ao N, o tipo de vegetação e uso do solo se refletiu especialmente na camada superficial (0–5 cm), onde o teor desse elemento decresceu na ordem MN>PN>PQ. A relação C/N aumentou no sentido inverso, e seguiu o mesmo comportamento observado para a vegetação (Tabela 2). Rheinheimer et al. (2003) observaram que o teor de N total do solo aumentou logo depois da queima, diminuiu nos meses subsequentes, e não retornou às concentrações originais no final de 350 dias. No presente trabalho, após oito anos de suspensão da queima, o teor de N no solo não alcançou os níveis da área sem queima há 41 anos.

O tratamento com HF foi eficiente na dissolução dos silicatos e óxidos, tendo resultado em aumento dos teores de C e N em todas as amostras após esse tratamento (Tabela 2). A relação C/N, após tratamento com HF, foi similar à do solo não tratado, e o índice R esteve no intervalo de 0,8 a 1,2, o que indica que não houve perdas preferenciais relevantes de N ou de C pelo tratamento ácido (Dick et al., 2006).

A massa recuperada, após o tratamento com solução de HF, variou de 3 a 13% (Tabela 2) e se correlacionou linearmente com o teor de C do solo, nos três tratamentos ($r \geq 0,91$; $p < 0,01$). Nessas amostras que apresentam teor de argila semelhante, o teor de C do solo determinou a massa remanescente após tratamento com HF, conforme foi observado anteriormente em Neossolos de altitude do Estado do Rio Grande do Sul (Silva, 2007).

Tanto no solo não tratado com ácido fluorídrico como na MOS_{HF}, todas as amostras apresentaram o mesmo padrão de espectro de FTIR e, portanto, apenas aqueles referentes ao PN são apresentados na Figura 1 A e B.

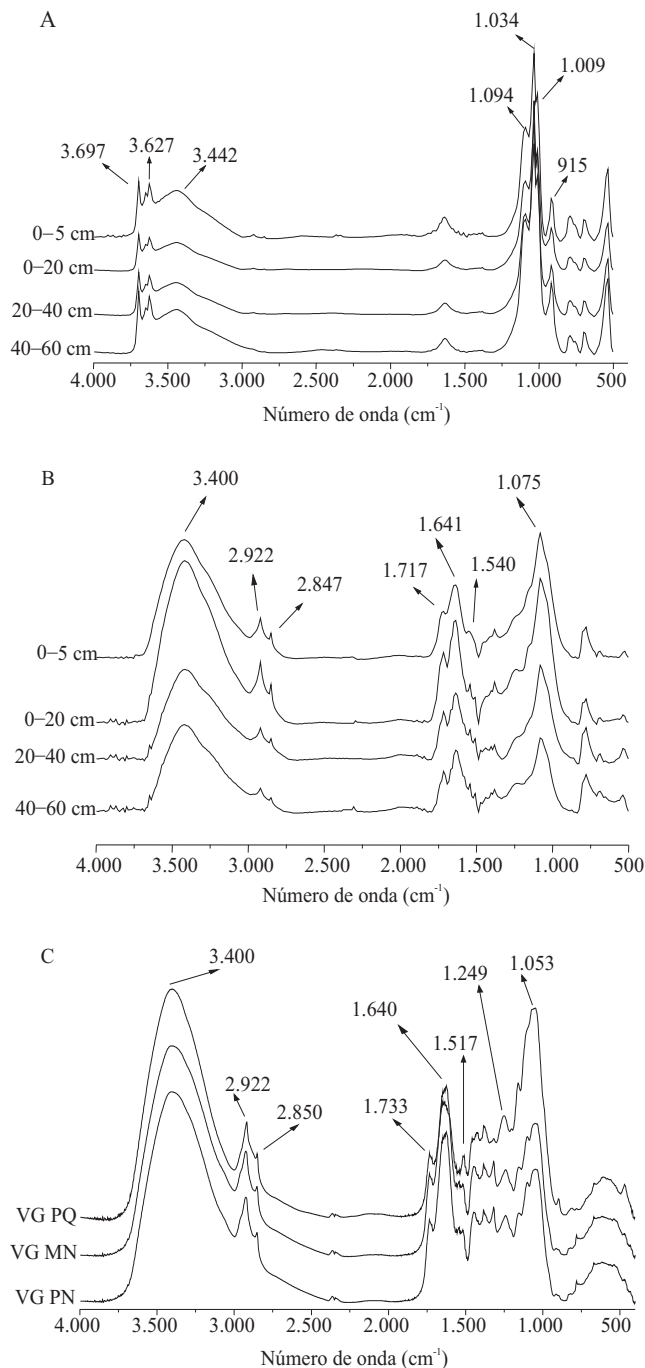


Figura 1. Espectros de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR): A) do solo não tratado com ácido fluorídrico; B) da matéria orgânica do solo sob pastagem nativa, tratado com ácido fluorídrico; C) da vegetação (VG) sob pastagem queimada (PQ), mata nativa (MN) e pastagem natural (PN).

Nos espectros do solo original (não tratado com HF), apenas na camada 0–5 cm foram observadas bandas de absorção referentes à presença da matéria orgânica. Nessas amostras, as bandas de estiramento dos grupos C–H foram identificados na região de 2.922 e 2.850 cm^{-1} (Figura 1 A). Nas outras camadas, o teor de MOS foi insuficiente para se sobrepor à absorção dos minerais, cujas principais bandas foram em 3.697 e 3.627 cm^{-1} , atribuídos aos estiramentos externo e interno de Al–OH da caulinita, e 1.094, 1.034, 1.009 e 915 cm^{-1} das vibrações do Si–O da caulinita e do quartzo. A presença de caulinita foi detectada anteriormente, em solos da região, por difração de raio-X (Dalmolin et al., 2006).

Os espectros de FTIR de MOS_{HF} apresentaram padrão típico de matéria orgânica humificada (Figura 1 B), cujas principais bandas de absorção foram semelhantes às observadas nos espectros da vegetação (Figura 1 C). Os espectros diferem, entretanto, quanto à posição de algumas bandas de absorção. O estiramento C=O da carboxila na MOS_{HF} ocorre em número de onda (1.717 cm^{-1}) menor do que na vegetação (1.733 cm^{-1}), o que indica que, na matéria orgânica humificada, este grupo funcional encontra-se conjugado às estruturas mais condensadas comparativamente à vegetação. Deslocamentos desta banda para números de onda menores foram observados para MOS_{HF} de solos reconstruídos em área de mineração, o que foi atribuído à conjugação da carboxila a ligas duplas e anéis aromáticos (Dick et al., 2006). O grupo Si–O na MOS_{HF} absorveu em número de onda maior (1.075 cm^{-1}) (Figura 1 B) do que na vegetação (Figura 1 C), o que indica a presença de estruturas silicatadas, precipitadas durante o processo de remoção da fração inorgânica com HF (Dick et al., 2006).

Contrariamente ao observado na vegetação, o índice de aromaticidade da MOS_{HF} , nas camadas 0–5 e 0–20 cm, não diferiu de modo relevante entre os tratamentos analisados e, em todos os ambientes, aumentou no perfil (Tabela 2). O aumento do caráter aromático da MOS_{HF} com a profundidade foi observado em outros Latossolos subtropicais e pode ser atribuído a um efeito de diluição na superfície, resultante do aporte de resíduos, como também à translocação de compostos aromáticos ao longo do perfil (Dick et al., 2005).

O teor de C na vegetação foi similar entre os diversos ambientes analisados, enquanto o teor de N diminuiu na ordem $\text{MN} > \text{PN} > \text{PQ}$, e acarretou uma variação da relação C/N na ordem inversa (Tabela 2). Este resultado pode ser atribuído: às diferentes espécies que ocorrem

nos ambientes estudados; à menor disponibilidade de N no solo em PQ, decorrente de sua volatilização durante a queima; bem como à lixiviação (Andersson et al., 2004; Knicker 2007). Segundo Heringer (2000), a queima da pastagem, em solos desta região, favoreceu as espécies andropogôneas e a *Piptochaetium montevidense*, pobres em N, em detrimento de gramíneas e leguminosas de hábito rasteiro, e de ciperáceas. Estivalet Júnior (1997) observou que a queima reduziu o teor médio de N no material morto de 2,5 a 3,5 vezes, em pastagem nativa na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, em comparação à pastagem não queimada.

Os espectros de FTIR da vegetação não se diferenciaram quanto ao tipo de grupo funcional, e foram identificadas as seguintes bandas com estiramento de: OH em ponte em 3.420 cm^{-1} ; C–H de alifáticos em 2.922 e 2.850 cm^{-1} ; C=O de COOH em 1.733 cm^{-1} ; C=C de grupos aromáticos em 1.640 cm^{-1} ; N–H em 1.517 cm^{-1} . Foram detectadas também bandas com deformação de: C–H de alifáticos em 1.429 cm^{-1} ; C–O de COOH em 1.249 cm^{-1} e bandas com absorção de Si–O entre 1.053 e 1.038 cm^{-1} (Figura 1 C). No entanto, a intensidade relativa de algumas bandas foi diferente, o que indica proporções diferenciadas dos grupos funcionais. O índice de aromaticidade $I_{\text{C}=\text{C}}/I_{\text{C}-\text{H}}$ decresceu na ordem $\text{MN} > \text{PN} \approx \text{PQ}$ (Tabela 2), e possivelmente a maior proporção de lignina, usualmente observada na vegetação de mata, explica o caráter aromático comparativamente mais elevado desta amostra. No espectro de PQ, a intensidade da banda de Si–O (1.053 cm^{-1}) foi mais acentuada do que nas outras amostras, o que indica proporção mais elevada de silício. Segundo Quadros (1999), a silicificação dos tecidos pode, eventualmente, ser considerada uma estratégia adaptativa das plantas em relação a distúrbios como a queima.

Conclusões

1. A queima da pastagem favorece o predomínio de vegetação com maior teor de silício e menor teor de nitrogênio; este efeito persiste por oito anos após a suspensão da queima.
2. A vegetação de mata, possui maior proporção de grupamentos nitrogenados e é mais aromática do que a da pastagem.
3. O solo de pastagem queimada é mais pobre em nutrientes e apresenta saturação por alumínio mais elevada, em comparação ao solo de pastagem sem queima.

4. O solo de mata nativa apresenta maiores teores de carbono e nitrogênio, menor relação carbono/nitrogênio, e saturação por alumínio mais elevada do que o de pastagem nativa.

5. A composição química do tipo de vegetação, no que se refere aos teores de carbono e nitrogênio, se reflete na composição química do solo apenas na camada superficial (0–5 cm).

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo suporte financeiro.

Referências

- ANDERSSON, M.; MICHELSEN, A.; JENSEN, M.; KJØLLER, A. Tropical savannah woodland: effects of experimental fire on soil microorganisms and soil emissions of carbon dioxide. **Soil Biology and Biochemistry**, v.36, p.849-858, 2004.
- ARAÚJO, E.A.; LANI, J.L.; AMARAL, E.F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.307-315, 2004.
- CERTINI, G. Effects of fire on properties of forest soils: a review. **Oecologia**, v.143, p.1-10, 2005.
- CHEFETZ, B.; HATCHER, P.; HADAR, Y.; CHEN, Y. Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipal solid waste. **Journal of Environmental Quality**, v.25, p.776-785, 1996.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400p.
- COUTINHO, L.M. O Cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, v.12, p.22-30, 1990.
- DALMOLIN, R.S.D.; GONÇALVES, C.N.; DICK, D.P.; KNICKER, H.; KLAMT, E.; KÖGEL-KNABNER, I. Organic matter characteristics and distribution in Ferralsol profiles of a climosequence in Southern Brazil. **European Journal of Soil Science**, v.57, p.644-654, 2006.
- DICK, D.P.; GONÇALVES, C.N.; DALMOLIN, R.S.D.; KNICKER, H.; KLAMT, E.; KÖGEL-KNABNER, I.; SIMOES, M.L.; MARTIN-NETO, L. Characteristics of soil organic matter of different Brazilian Ferralsols under native vegetation as a function of soil depth. **Geoderma**, v.124, p.319-333, 2005.
- DICK, D.P.; KNICKER, H.; ÁVILA, L.G.; INDA JÚNIOR, A.V.; GIASSON, E.; BISSANI, C.A. Organic matter in constructed soils from a coal mining area in Southern Brazil. **Organic Geochemistry**, v.37, p.1537-1545, 2006.
- ESTIVALET JÚNIOR, C.N.O. **Efeitos de ceifa, queima e diferimento sobre a disponibilidade de forragem e composição botânica de uma pastagem natural**. 1997. 82p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FARMER, V.C. **The infrared spectra of minerals**. Londres: Mineralogical Society, 1974. 539p.
- GONÇALVES, C.N.; DALMOLIN, R.S.D.; DICK, D.P.; KNICKER, H.; KLAMT, E.; KÖGEL-KNABNER, I. The effect of 10% HF treatment in the resolution of CPMAS ¹³C NMR spectra and on the quality of organic matter in Ferralsols. **Geoderma**, v.116, p.373-392, 2003.
- HERINGER, I. **Efeitos do fogo por longo período e de alternativas de manejo sobre o solo e a vegetação de uma pastagem natural**. 2000. 208p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- HERINGER, I.; JACQUES, A.V.A. Nutrientes no mantilho em pastagem nativa sob distintos manejos. **Ciência Rural**, v.32, p.841-847, 2002a.
- HERINGER, I.; JACQUES, A.V.A. Qualidade da forragem de pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.399-406, 2002b.
- HERINGER, I.; JACQUES, A.V.A.; BISSANI, C.A.; TEDESCO, M. Características de um Latossolo Vermelho sob pastagem natural sujeita à ação prolongada do fogo e de práticas alternativas de manejo. **Ciência Rural**, v.32, p.309-314, 2002.
- JACQUES, A.V.A. A queima das pastagens naturais: efeitos sobre o solo e a vegetação. **Ciência Rural**, v.33, p.177-181, 2003.
- KNICKER, H. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. **Biogeochemistry**, v.85, p.91-118, 2007.
- KNICKER, H.; GONZÁLEZ-VILA, F.J.; POLVILLO, O.; GONZÁLEZ, J.A.; ALMENDROS, G. Wildfire induced alterations of the chemical composition of humic material in a Dystric Xerochrept under a Mediterranean pine forest (*Pinus pinaster* Aiton). **Soil Biology and Biochemistry**, v.37, p.701-718, 2005.
- QUADROS, L.F.F. **Dinâmica vegetacional em pastagem natural submetida a tratamento de queima e pastejo**. 1999. 128p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- 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.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E.J.; PEREIRA, J.A.A. Effects of fire on soil organic matter in a cerrado "sensu-stricto" from Southeast Brazil as revealed by changes in $\delta^{13}C$. **Geoderma**, v.95, p.141-160, 2000.
- SANTOS, C.A.A. **Matéria orgânica de Argissolo Vermelho e Latossolo Bruno sob diferentes sistemas de manejo e sob vegetação nativa: distribuição das frações físicas, qualidade e sorção do herbicida atrazina**. 2005. 180p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SERRASOLSAS, I.; KHANNA, P.K. Changes in heated and autoclaved forest soils of S. E. Australia. II. Phosphorus and phosphatase activity. **Biogeochemistry**, v.29, p.25-41, 1995.

SILVA, L.B. **Quantificação e caracterização da matéria orgânica em horizontes A de solos sob pastagem nativa dos Campos de Cima da Serra, RS**. 2007. 59p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater; UFRGS, 2002. 107p.

TAN, K.H. **Humic matter in soil and the environment**: principles and controversies. New York: Marcel Dekker, 2003. 385p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

ULERY, A.L.; GRAHAM, R.C.; AMRHEIN, C. Wood-ash composition and soil pH following intense burning. **Soil Science**, v.156, p.358-364, 1993.

WAMBEKE, A. van. Vegetation, soil organic matter and crops. In: WAMBEKE, A. van. **Soils of the Tropics**: properties and appraisals. Toronto: McGraw-Hill, 1992. p.69-95.

Recebido em 27 de novembro de 2007 e aprovado em 25 de abril de 2008