

Biomassa Microbiana, Carbono e Nitrogênio do Solo em Pastagem Nativa no Pantanal: Efeito da Queima



Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 73

Biomassa Microbiana, Carbono e Nitrogênio do Solo em Pastagem Nativa no Pantanal: Efeito da Queima

Fernando Antonio Fernandes
Ana Helena Bergamin Marozzi Fernandes
Sandra Mara Araújo Crispim

Corumbá, MS
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320-900, Corumbá, MS

Caixa Postal 109

Fone: (67) 3233-2430

Fax: (67) 3233-1011

Home page: www.cpap.embrapa.br

Email: sac@cpap.embrapa.br

Comitê de Publicações:

Presidente: *Thierry Ribeiro Tomich*

Secretária-Executiva: *Suzana Maria de Salis*

Membros: *Débora Fernandes Calheiros, Marçal Henrique Amici Jorge, e
Jorge Antônio Ferreira de Lara*

Secretária: *Regina Célia Rachel dos Santos*

Supervisora editorial: *Suzana Maria de Salis*

Normalização bibliográfica: *Viviane de Oliveira Solano*

Tratamento de ilustrações: *Regina Célia Rachel dos Santos*

Foto da capa: *Fernando Antonio Fernandes*

Editoração eletrônica: *Regina Célia R. dos Santos*

1ª edição

Versão online (2007)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Fernandes, Antonio Fernando

Biomassa microbiana e conteúdos de carbono e nitrogênio do solo em áreas de pastagem nativa sujeita a queimada, Pantanal Mato-Grossense [recurso eletrônico] / Fernando Antonio Fernandes, Ana Helena Bergamin Marozzi Fernandes, Sandra Mara Araújo Crispim – Corumbá: Embrapa Pantanal, 2007.

(Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 73).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso:

<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/ficha.php?topicobusca=BP&titulo=B P-Boletim + de + Pesquisa + %73 + Desenvolvimento>

Título da página da Web (acesso em 27 de julho 2007)

1. Biomassa microbiana 2. Queimada 3. Matéria orgânica 4. Pastagem nativa I. Fernandes, A. H. B. M. II. Crispim, S. M. A. III. Título. IV Série.

CDD 631.4 (21.ed.)

© Embrapa 2007

Sumário

Resumo.....	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão	10
Conclusões.....	16
Referências Bibliográficas.....	17

Biomassa Microbiana, Carbono e Nitrogênio do Solo em Pastagem Nativa no Pantanal: Efeito da Queima

Fernando Antonio Fernandes¹

Ana Helena Bergamin Marozzi Fernandes²

Sandra Mara Araújo Crispim³

Resumo

Este estudo foi conduzido em área de pastagem nativa dominada por “capim carona”, *Elionurus muticus* (Spreng.) Kuntze, no Pantanal, visando avaliar o efeito da queima sobre os conteúdos de C e N do solo. Foram demarcadas quatro parcelas de 100 x 40 m, sendo duas das quais queimada em setembro de 1995 e as outras mantidas intactas. Em cada uma das parcelas foram tomadas amostras de solo em transectos, na profundidade 0-10 cm, antes da queima (0) e 15, 30, 45, 60 e 90 dias após a queima. Foram determinados os conteúdos totais de C e N do solo e os conteúdos de C e N ligados á biomassa microbiana do solo (CBMS e NBMS, respectivamente). A análise estatística dos resultados obtidos revelou que o fogo provocou aumento significativo em CBMS e NBMS, bem como no conteúdo médio de N total. Porém, não teve efeito significativo sobre o conteúdo médio de C do solo. Também ocasionou aumento na relação C/N na biomassa microbiana do solo, porém diminuição na relação C/N do solo. Aos 15 dias após a queima, a participação percentual de CBMS e NBMS respectivamente nos conteúdos de C e N do solo também foram maiores em relação às outras épocas de amostragem, indicando maior imobilização desses elementos na biomassa microbiana do solo nesse período.

Termos de indexação: *Elionurus muticus*, matéria orgânica do solo, queimada

¹ Eng. Agron., MSc., Pesquisador, Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, 79320-902, Corumbá, MS, fernando@cpap.embapa.br

² Eng. Agron., MSc., Pesquisadora, Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, 79320-902, Corumbá, MS, amarozi@cpap.embapa.br

³ Eng. Agron., MSc., Pesquisadora, Embrapa Pantanal - Caixa Postal 109, 79320-902, Corumbá, MS, scripim@cpap.embapa.br

Soil Microbial Biomass, C and N In A Native Pasture Of Brazilian Pantanal: Effect of Burning.

Abstract

*A study was carried out in a native pasture area, of the Pantanal Mato-Grossense, Brazil, to evaluate the effect of burning on the total C and N of the soil and microbial biomass C and N. The experiment was carried out in four 100x40m plots (two burned and two no burned) vegetated predominantly by "capim-carona", *Elionurus muticus* (Spreng.) Kuntze. Ten composed soil samples were taken in each plot in transects in the 0-10cm layer, before burning and 15, 30, 45, 60 and 90 days after burning. It was determined the total C and N in the soils and the microbial biomass C and N. The results obtained showed that burning caused increased in the microbial biomass C and N and in the total soil N, but not the total soil C. The microbial biomass C/N ratio also increased after burning, but the soil C/N ratio decreased. Fifteen days after burning, microbial biomass C and N was greater in relation to the others periods. This indicated that there was a greater C and N immobilization in the microbial biomass in this period.*

Index terms: *burning, Elionurus muticus*, soil organic matter

Introdução

Em todo o mundo, as pastagens nativas estão sujeitas ao uso periódico e controlado do fogo, uma das práticas usuais de manejo (Wessman et al., 1997). Em savanas neotropicais, queimadas programadas constituem um dos principais fatores determinantes da composição florística e produção (Yeaton et al., 1988), estando ligado à características intrínseca de sazonalidades desses ecossistemas. Durante a estação chuvosa, as gramíneas produzem grande quantidade de biomassa verde; durante a estação seca estão inativas e a maior parte da biomassa aérea morre e seca, tornando-se combustível inflamável. No Cerrado brasileiro, o fogo está presente há milhares de anos. Populações nativas utilizavam fogo para a caça muito antes da chegada dos colonizadores portugueses no século XVI (Coutinho, 1990).

No Pantanal as queimadas são tradicionalmente usadas como prática de manejo das pastagens nativas, base alimentar do rebanho bovino da região. O fogo é utilizado de forma seletiva e localizada procurando eliminar ou conter a expansão de espécies indesejáveis e promover o rebrote das forrageiras de baixa aceitabilidade (Pott, 1997). A queima concentra-se no final do período seco (agosto), sendo que na parte arenosa do Pantanal o fogo é aplicado com maior frequência, devido a grande quantidade de espécies invasoras, bem como um contingente apreciável de forrageiras de baixa qualidade (Allem e Vals, 1987; Pott, 1997).

Apesar do reconhecimento mundial de que as queimadas bem conduzidas podem ter efeitos benéficos como prática de manejo de pastagens nativas, os estudos sobre os efeitos do fogo sobre a biomassa microbiana do solo e ciclo de nutrientes são recentes (Ojima et al., 1990; Garcia e Rice, 1994; Gonzalez et al., 1996). Vários autores têm verificado que o uso sistemático do fogo tende a diminuir o conteúdo de matéria orgânica do solo e conseqüentemente a biomassa microbiana do solo (Fritze et al., 1994; Ojima et al., 1994; Pietikainen e Fritze, 1995). A biomassa microbiana do solo é considerada um agente transformador do material orgânico do solo e reservatório lábil de nutrientes tais como C, N, P e S (Jenkinson e Ladd, 1981). Seu papel na conservação de nutrientes minerais e transformação dos nutrientes orgânicos em formas disponíveis para as plantas pode ser crítico em ecossistemas onde não existe adição externa de elementos (Garcia e Rice, 1994), tal como ocorre em diversas áreas de pastagens nativas do Pantanal.

Este trabalho visou avaliar o efeito do fogo sobre os conteúdos de carbono e nitrogênio totais e ligados à biomassa microbiana do solo, em área de pastagem nativa dominada por capim-carona - *Elionurus muticus* (Spreng.) Kuntze.

Materiais e Métodos

A área experimental situa-se na fazenda Nhumirim (19°04'S e 56°36'W), pertencente à Embrapa Pantanal, na sub-região da Nhecolândia, porção central do Pantanal. Consiste numa área de savana gramíneo-lenhosa com alagamento ocasional (Embrapa, 1997). A espécie predominante é o capim-carona, *Elionurus muticus* (Spreng.) Kuntze, sendo a área regionalmente conhecida como "caronal". O solo dessa área pertence ao grupo dos ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Hidromórfico (Embrapa, 1999).

Foram demarcadas quatro parcelas de 100 x 40 m, duas das quais foram queimadas no início de setembro de 1995 e as outras duas foram mantidas intactas. Em cada uma das parcelas, foram tomadas três amostras de solo em transectos em cada uma das parcelas, compostas de 10 sub-amostras, na profundidade 0-10 cm, antes da queima (0) e 15, 30, 45, 60 e 90 dias após a queima. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para o laboratório da Embrapa Pantanal, onde foram peneiradas em peneira de malha 2 mm e armazenadas a 4 °C para análise. De cada uma das amostras foram tomadas cerca de 10 g de solo, que foram utilizadas para determinação de Terra Fina Seca em Estufa (TFSE), através de secagem em estufa a 60 °C até peso constante. Também foram pesadas em duplicata 20 g de solo de cada amostra para determinação da biomassa microbiana do solo. Estas foram pré-incubadas por 3 dias a 25 °C, a 60 % da capacidade de campo (quando necessário, água foi adicionada). A biomassa microbiana do solo foi determinada pelo método de fumigação-extração simultânea para o carbono e nitrogênio (Sparling e West, 1988), utilizando-se solução 0,5M de K₂SO₄ como extrator.

O conteúdo de carbono dos extratos foi determinado através de digestão via úmida a frio com solução 0,0667 M de K₂Cr₂O₇ e HCl concentrado e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,033 M (Anderson e Ingram, 1992). O conteúdo de carbono ligado à biomassa (CBMS) foi estimado pela fórmula:

$$CBMS = (C_F - C_{NF})/k_{EC}$$

onde:

C_F = conteúdo de carbono na amostra fumigada, em mg C/dm³ TFSE

C_{NF} = conteúdo de carbono na amostras não fumigada, em mg C/dm³ TFSE

k_{EC} = coeficiente de calibração, que representa a proporção do total de carbono microbiano extraído após a fumigação (Wardle, 1994). Neste trabalho foi utilizado o valor 0,38 para k_{EC} (Vance et al., 1987).

O conteúdo de nitrogênio dos extratos foi determinado pelo método colorimétrico de determinação de amônia (Anderson e Ingram, 1992). O conteúdo do nitrogênio ligado à biomassa microbiana do solo (NBMS) foi estimado pela fórmula:

$$NBMS = (N_F - N_{NF}) \times k_{EN}$$

onde :

N_F = conteúdo de nitrogênio na amostras fumigada, em mg N/dm³ TFSE

N_{NF} = conteúdo de nitrogênio na amostra não fumigada, em mg N/dm³ TFSE

k_{EN} = constante, análoga a k_{EC} , representa a proporção o nitrogênio da biomassa microbiana que é mineralizado (Wardle, 1994). Neste trabalho foi utilizado o valor 0,68 para k_{EN} (Brookes et al., 1985).

O carbono orgânico foi determinado pelo método de Mebius, modificado por Yeomans e Bremner (1989). Na determinação do nitrogênio total do solo foi utilizado o método colorimétrico de determinação de amônia (Anderson e Ingram, 1992).

Para a análise estatística dos resultados foram utilizados contrastes lineares a 5% de significância, gerados pelo procedimento GLM do programa estatístico SAS (1989).

Resultados e Discussão

Os conteúdos de carbono orgânico do solo (C total) apresentaram-se bastante baixos, variando de 4,44 a 6,37 g C/dm³ TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) na área não queimada e de 4,60 a 6,61 g C/dm³ TFSA na área queimada (Figura 1). A queima da pastagem ocasionou, inicialmente, aumento no conteúdo de C, uma vez que antes da queima os conteúdos de C total nas duas áreas eram estatisticamente iguais (respectivamente 4,59 e 4,44 g C/dm³ TFSA para a área queimada e não queimada). Aos 15 dias após a queima foi observado conteúdo significativamente maior de C total ($P < 0,05$) na área queimada em relação à área não queimada (respectivamente 6,61 e 5,05 g C/dm³ TFSA). Esse efeito porém, parece ter sido atenuado, uma vez que nas demais épocas não houve diferença estatística entre as áreas para o conteúdo de C total. Considerando as médias no período avaliado, também não houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre as áreas (médias de 5,44 e 5,33 g C/dm³ TFSA respectivamente para a área queimada e não queimada).

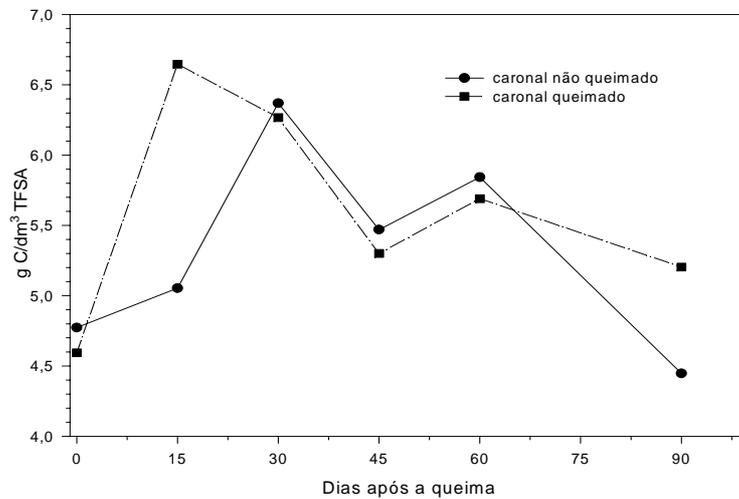


Figura 1. Conteúdo de carbono orgânico do solo (C) em TFSA, em áreas de capim-carona (*Elionurus muticus*) queimado e não queimado, fazenda Nhumirim, Pantanal Sul Mato-Grossense. Período: setembro a dezembro de 1995.

Alguns autores verificaram que o conteúdo de C total do solo diminui após a queima (Pietikainen e Fritze, 1995; Fernandez et al., 1997), porém vários outros verificaram que após a queima o conteúdo de C total do solo não se altera (Almendros et al., 1990; Fritze et al., 1994) ou mesmo aumenta ao longo do tempo, nos primeiros anos após implantação do regime de queima como prática de manejo (Dumontet et al., 1996). No presente estudo, observou-se que, apesar de haver um aumento no conteúdo de C total 15 dias após a queima, não houve alteração no conteúdo de C total do solo, quando considerado o período todo. Esse comportamento pode estar relacionado com a incorporação da necromassa de material semi-queimado ou oriundo do sistema radicular, o que foi suficiente para compensar a combustão do húmus (Almendros et al., 1990). Segundo Klink e Solbrig (1996), independente da fitofisionomia, as alterações produzidas no solo pela queima, tais como aumento de temperatura, provavelmente não afetam a matéria orgânica do solo e a atividade microbiana em profundidades maiores do que 5 cm. Além disso, dada a natureza facilmente combustível do material das pastagens de capim-carona (*Elyonurus muticus* Spr. Kunth), a passagem do fogo é rápida e não chega a causar grandes danos à matéria orgânica do solo (Gonzalez et al., 1996).

Com relação ao carbono ligado à biomassa microbiana do solo (CBMS), os conteúdos variaram de 122 a 191 $\mu\text{g C/g TFSE}$ (Terra Fina Seca em Estufa) na área não queimada e de 137 a 626 $\mu\text{g C/g TFSE}$, na área queimada (Figura 2). A queima da pastagem também aumentou, inicialmente, o conteúdo de CBMS. Aos 15 dias após a queima a área queimada apresentou um conteúdo de CBMS significativamente maior ($P < 0,05$) em relação à área não queimada (respectivamente 626 e 170 $\mu\text{g C/g TFSE}$). Nesse caso o efeito também parece ter sido atenuado, uma vez que não foram observadas diferenças significativas nas demais épocas. Porém, as médias observadas no período apresentaram diferença. A área queimada apresentou conteúdo de CBMS significativamente maior ($P < 0,05$) em relação à área não queimada (médias de 0,239 e 0,156 $\mu\text{g C/g TFSE}$ respectivamente para a área queimada e não queimada). O conteúdo de CBMS esteve significativa porém fracamente correlacionado com o conteúdo de C total do solo ($r = 0,440$, $P < 0,05$), e percentualmente representou ao redor de 2 a 3% do conteúdo de C total do solo, na maior parte do período avaliado. Aos 15 dias após a queima, no entanto, essa relação CBMS:C total foi de 9%.

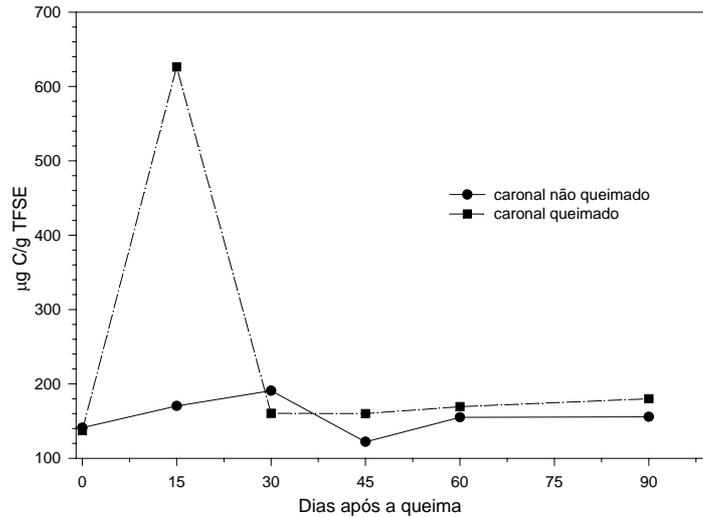


Figura 2. Conteúdo de carbono ligado à biomassa microbiana do solo (CBMS) em TFSE, em áreas de capim-carona (*Elionurus muticus* Spr. Kunt) queimado e não queimado, fazenda Nhumirim, Pantanal Sul Mato-Grossense. Período: setembro a dezembro de 1995.

Estudos anteriores, em outros locais, verificaram que o conteúdo de CBMS diminui por efeito da queima (Fritze et al., 1994; Pietikainen e Fritze, 1995); no entanto, outros estudos verificaram que a quantidade de CBMS permaneceu relativamente constante no tempo (Fenn et al., 1993; Garcia e Rice, 1994). Segundo Ojima et al. (1994), respostas a curto prazo à queima anual de pastagens incluem aumentos no conteúdo de CBMS. Reduções da atividade microbiana são esperadas como resultado de queima a longo prazo (mais de 10 anos). Nesse estudo observou-se que o conteúdo médio de CBMS na área queimada foi significativamente maior do que na área não queimada, sendo que aos 15 dias após a queima observou-se o valor máximo de CBMS na área queimada.

A queima da biomassa aérea das pastagens estimula o rebrote das espécies (Pott, 1997), o que promove aumento da atividade do sistema radicular. Esse fato, aliado à presença da necromassa da vegetação queimada, leva a um aumento na disponibilidade de substrato para a biomassa microbiana do solo.

Como a dinâmica temporal da biomassa microbiana do solo está relacionada, entre outros fatores, à disponibilidade de substrato (Garcia e Rice, 1994), aumento dessa disponibilidade provocaria maior atividade da microbiota do solo e conseqüentemente aumento no conteúdo de CBMS.

Segundo Anderson e Domsch (1989), o CBMS representa de 1 a 3% do conteúdo do C total do solo. No presente estudo, encontrou-se valores entre 2 e 3% para a relação CBMS:C total, à exceção dos 15 dias após a queima (9 %). Como CBMS esteve positiva e significativamente relacionado a C total, acredita-se que essa maior imobilização de C na biomassa aos 15 dias tenha causado a elevação no conteúdo de C total do solo.

Os conteúdos de nitrogênio total do solo (N total), a exemplo do carbono, também foram bastante baixos, variando de 0,25 a 0,37 g N/dm³ TFSA na área não queimada e de 0,36 a 0,42 g N/dm³ TFSA na área queimada (Figura 3). No período avaliado (0 a 90 dias após a queima) as médias de N total das áreas foram significativamente diferentes ($P < 0,05$), sendo que o conteúdo de N total na área queimada foi maior em relação à área não queimada (médias de 0,40 e 0,31 g N/dm³ TFSA, respectivamente para a área queimada e não queimada). A interação entre época de amostragem e uso do fogo não foi significativa ($P < 0,05$). Em outros ecossistemas, Fritze et al. (1994) não verificaram alteração no conteúdo de N total do solo como resposta à queima da vegetação. No entanto, outros autores observaram que os conteúdos de N total do solo aumentaram em função da queima, a curto prazo (Christensen, 1987; Bauhus et al., 1993; Dumontet et al., 1996). Esse aumento foi explicado como enriquecimento do solo pelas cinzas depositadas, que representam um reservatório de nutrientes minerais (Christensen, 1987).

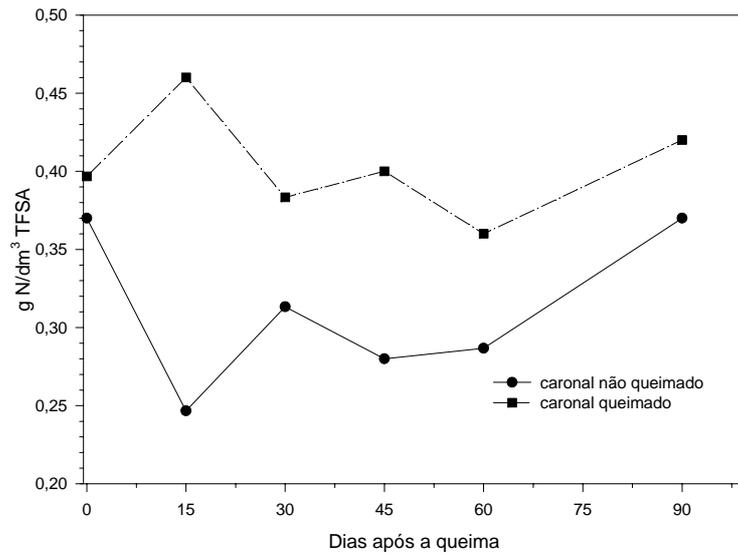


Figura 3. Conteúdo de nitrogênio total do Solo (N) em TFSA em áreas de capim-carona (*Elionurus muticus*) queimado e não queimado, fazenda Nhumirim, Pantanal Sul Mato-Grossense. Período: setembro a dezembro de 1995

A relação C/N do solo diminui significativamente com a queima ($P > 0,05$). Na área não queimada era 17 e na área queimada foi reduzida para 14 (média no período). Essa redução na relação C/N tem sido descrita por outros autores (Almendros et al., 1990; Klopatek et al., 1991), podendo ser resultado de aumento na taxa de mineralização, considerado como um dos efeitos mais imediatos da queima.

Os conteúdos de nitrogênio ligados à biomassa microbiana do solo (NBMS) variaram de 10 a 68 $\mu\text{g N/g TFSE}$ na área queimada e de 10 a 23 $\mu\text{g N/g TFSE}$ na área não queimada; a queima da pastagem aumentou o conteúdo de NBMS (Figura 4). Aos 15 dias após a queima o conteúdo de NBMS na área queimada foi significativamente maior ($P < 0,05$) na área queimada em relação à área não queimada (respectivamente 68 e 19 $\mu\text{g N/g TFSE}$). Nas demais épocas não houve diferença significativa nos conteúdos de NBMS entre as duas áreas. Os conteúdos médios de NBMS no período avaliado também foram

significativamente diferentes ($P < 0,05$). Para a área queimada observou-se um conteúdo médio de NBMS de $25 \mu\text{g N/g TFSE}$ e na área não queimada, $18 \mu\text{g N/g TFSE}$ no período avaliado. Observou-se a existência de uma correlação fraca, porém significativa entre os conteúdos de NBMS e os conteúdos de CBMS ($r = 0,48$; $P < 0,05$) e N total do solo ($r = 0,52$; $P < 0,05$).

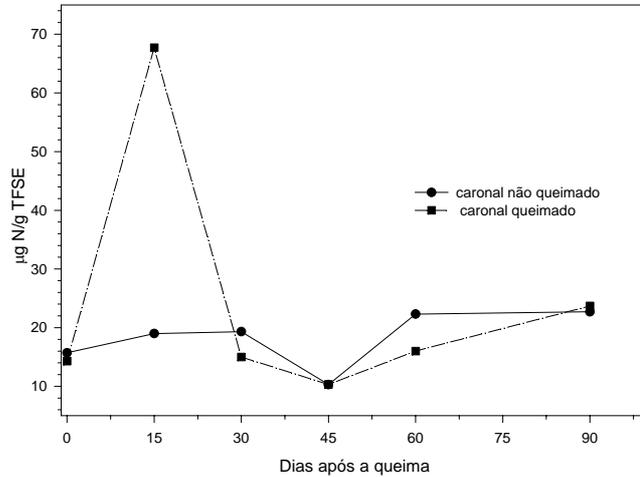


Figura 4. Conteúdo de nitrogênio ligado à biomassa microbiana do solo (NBMS) em TFSE, em áreas de capim-carona (*Elionurus muticus*) queimado e não queimado, fazenda Nhumirim, Pantanal Sul Mato-Grossense. Período: setembro a dezembro de 1995

Alguns autores observaram que o conteúdo de NBMS não diminuiu após a queima da área (Fenn et al., 1993; Garcia e Rice, 1994; Dumontet et al., 1996). Neste estudo, porém, observou-se aumento do conteúdo médio de NBMS como consequência da queima. Ojima et al. (1994) considera que uma das respostas mais imediatas ao uso do fogo, a curto prazo, é o aumento no conteúdo de NBMS, a exemplo do que ocorre com o conteúdo de CBMS, sobretudo logo após a queima (15 dias), onde foram encontrados os valores máximos dos dois conteúdos. Esse fenômeno pode ter sido causado pela recolonização microbiana no solo após a queima, provavelmente devido à incorporação de material facilmente biodegradável (Almendros et al., 1990).

O conteúdo de NBMS representou, percentualmente, cerca de 4 a 7% do conteúdo e N total do solo, na maior parte do período avaliado, nas duas áreas. Entretanto, aos 15 dias após a queima a relação NBMS:N total foi de 15%. Como NBMS esteve positiva e significativamente correlacionado com N total do solo, é provável que essa maior imobilização de N na biomassa microbiana aos 15 dias tenha conduzido ao aumento no conteúdo de N total do solo. Desse modo, a biomassa microbiana passaria a ser um reservatório de N do solo. Garcia e Rice (1994) verificaram que a biomassa microbiana do solo age como reguladora da dinâmica de N do solo, permitindo a conservação do nutriente em ecossistemas de pastagens naturais (tallgrass prairie), nos Estados Unidos.

A relação C/N na biomassa microbiana do solo (CBMS/NBMS) está intimamente relacionada com a composição qualitativa da biomassa microbiana do solo (Bonde et al., 1991; Garcia e Rice, 1994; Dumontet et al., 1996) e assim alterações nessa relação podem significar alterações qualitativas da biomassa microbiana. No presente estudo, na área não queimada a relação CBMS/NBMS foi, em média, 9 e na área queimada, em média, 11, valores esses significativamente diferentes, o que parece indicar que o fogo pode ter provocado uma mudança qualitativa na biomassa microbiana do solo.

Conclusões

A queima provocou aumento significativo nos conteúdos de C e N ligados à biomassa microbiana do solo, bem como no conteúdo de N total. Porém, não teve efeito significativo sobre o conteúdo de C do solo.

A queima ocasionou aumento na relação C/N na biomassa microbiana do solo, o que pode significar alterações qualitativas da mesma. A relação C/N do solo, porém, diminuiu, o que pode significar que houve um aumento nas taxas de mineralização da matéria orgânica do solo.

A maior imobilização de C e N na biomassa microbiana do solo se deu aos 15 dias após a queima, quando as participações percentuais dos conteúdos de carbono e nitrogênio ligados à biomassa microbiana (CBMS e NBMS, respectivamente) nos teores totais de C e N do solo foram maiores, em relação às outras épocas de amostragem, o que pode ser resultado de uma recolonização microbiana do solo logo após a queima.

Referências Bibliográficas

- ALLEM, A. C.; VALS, J. F. M. **Recursos forrageiros nativos do Pantanal Matogrossense.** Brasília: Embrapa-Cenargen, 1987. 339 p.
- ALMENDROS, G.; GONZALEZVILA, F. J.; MARTIN, F. Fire-induced transformation of soil organic-matter from an oak forest : an experimental approach to the effects of fire on humic substances. **Soil Science**, v. 149, n. 3, p. 158-168, 1990.
- ANDERSON, J. M.; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 21, p. 471-479, 1989.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **TSBF: methods handbook.** Unesco-MAB: Tropical Soil Biology and Fertility Programme, 1992. 221 p.
- BAUHUS, J.; KHANNA, P. K.; RAISON, R. J. The effect of fire on carbon and nitrogen mineralization and nitrification in an Australian forest soils. **Australian Journal of Soil Research**, v. 31, p. 621-639, 1993.
- BONDE, T. A.; ROSSWALL, T.; VICTOIRA, R. L. The dynamics of soil organic matter and the soil microbial biomass following clearfelling and cropping of a. In: BONDE, T. A. (Ed.). **Size and dynamics of active soil organic matter fraction as influenced by soil management.** Linköping-Sweden: Linköping University, 1991.
- BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.S. Chlorofom fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction methos to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 17, p. 837-847, 1985.
- CHRISTENSEN, N. L. The biogeochemical consequences of the fire and their effects on the vegetation of the coastal plain of the southeastern United States. In: TRABAUD, L. (Ed.). **The role fo fire in ecological systems.** The Hague: SPB Academic Press, 1987. p. 1-21
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.). **Ecology of tropical savannas.** Berlin: Sping-Verlag, 1990. p. 273-291.
- DUMONTET, S.; DINEL, H.; SCOPA, A.; MAZZATURA, A.; SARACINO, A. Post-fire soil microbial biomass and nutrient content of a pine forest soil from a dunal mediterranean environment. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 28, n. 10/11, p. 1467-1475, 1996.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal. **Plano de utilização da Fazenda Nhumirim.** Corumba: Embrapa-CPAP, 1997. 72 p.(Embrapa-CPAP, Documentos, 21)
- EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 1999. 412 p.
- FENN, M. E.; POTH, M. A.; DUNN, P. H.; BARRO, S. C. Microbial N and biomass, respiration and N-Mineralization in soils beneath 2 chaparral species along a fire-induced age gradient. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 25, n. 4, p. 457-466, 1993.

- FERNANDEZ, I.; CABANEIRO, A.; CARBALLAS, T. Organic matter changes immediately after a wildfire in an Atlantic forest soil and comparison with laboratory soil heating. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 29, n. 1, p. 1-11, 1997.
- FRITZE, H.; SMOLANDER, A.; LEVULA, T.; KITUNEN, V.; MALKONEN, E. Wood-ash fertilization and fire treatments in a scots pine forest stand: effects on the organic layer, microbial biomass, and microbial activity. **Biology and Fertility of Soils**, v. 17, n. 1, p. 57-63, 1994.
- GARCIA, F. O.; RICE, C. W. Microbial biomass dynamics in Tallgrass Prairie. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, n. 3, p. 816-823, 1994.
- GONZALEZ, C.; ALBANESI, A.; KRUNST, C.; SUAREZ, E. Efecto del fuego prescrito sobre la microflora del suelo en una sabana de *Elyonurus muticus* spr. Kunth. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIENCIA DO SOLO, 13. 1996. Aguas de Lindóia. **Anais...** Aguas de Lindóia : SLACS/SBCS. CD- ROM.
- JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurements and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Ed.). **Soil Biochemistry**. 5 ed. New York: Marcel Dekker, 1981. p. 415-471.
- KLINK, C. A.; SOLBRIG, O. T. Efeito do fogo na biodiversidade de plantas do cerrado. In: SARMIENTO, G.; CABIDO, M. (Ed.). **Biodiversidad y funcionamiento de patizales y sabanas en America Latina**. Merida: Cytel y Cielat, 1996. p. 221-243
- KLOPATEK, J. M.; KLOPATEK, C. C.; DEBANO, L. F. Fire effects on nutrient pools of woodland floor and soils in a pinyon-juniper ecosystem. In: NODVIN, S. C.; WALDROP, T. A. (Ed.). **Fire and the environment: ecological and cultural perspectives**. Washington: USDA Forest Service, 1991. p. 154-159.
- OJIMA, D. S.; PARTON, W. J.; OWENBY, C. E. Simulated impacts of annual burning on prairie ecosystems. In: COLLINS, S. L.; WALLACE, L. L. (Ed.). **Fire in North American tallgrass prairie**. Norman: University of Oklahoma Press, 1990. p. 118-132.
- OJIMA, D. S.; SCHIMEL, D. S.; PARTON, W. J.; OWENBY, C. E. Long-term and short-term effects of fire on nitrogen cycling in Tallgrass Prairie. **Biogeochemistry**, v. 24, n. 2, p. 67-84, 1994.
- PIETIKAINEN, J.; FRITZE, H. Clear-Cutting and prescribed burning in coniferous forest: comparison of effects on soil fungal and total microbial biomass, respiration activity and nitrification. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 27, n. 1, p. 101-109, 1995.
- POTT, A. Pastagens Nativas. In: CATTO, J. B.; SERENO, R. B.; COASTRI FILHO, J. A. (Ed.). **Tecnologias e informações para a pecuária de corte no Pantanal**. Corumbá: Embrapa-CPAP, 1997. p. 7-20.
- SAS Institute Inc., SAS/STAT. **User's Guide, Version 6, Fourth Edition**. New Cary: SAS Institute Inc., 1989.
- SPARLING, G. P.; WEST, A. W. Modifications to the fumigation-extraction technique to permit simultaneous extraction and estimation of soil Microbial-C and Microbial-N. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 3, p. 327-344, 1988.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial Biomass-C. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

WARDLE, D. A. Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia do solo**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p. 419-436.(Embrapa-CNPAP, Documentos, 46)

WESSMAN, C. A.; BATESON, C. A.; BENNING, T. L. Detecting fire and grazing patterns in tallgrass prairie using spectral mixture analysis. **Ecological Applications**, v. 7, n. 2, p. 493-511, 1997.

YEATON, R. I.; FROST, S.; FROST, P. G. H. The structure of a grass community in burkea africana savanna during recovery from fire. **South African Journal of Botany**, v. 54, n. 4, p. 367-371, 1988.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analyses**, v. 19, p. 1467-1476, 1989.



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal**

Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento

Rua 21 de setembro, 1880 - Caixa Postal 109

CEP 79320-900 - Corumbá-MS

Fone (067)3233-2430 Fax (067) 3233-1011

<http://www.cpap.embrapa.br>

email: sac@cpap.embrapa.br

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**

