

## FLUTUAÇÃO SAZONAL DA BIOMASSA MICROBIANA E TEORES DE NITRATO E AMÔNIO DE SOLO COBERTO COM *Paspalum notatum* EM UM AGROECOSSISTEMA

José Antonio Azevedo Espindola<sup>1</sup>

Dejair Lopes de Almeida<sup>2</sup>

José Guilherme Marinho Guerra<sup>2</sup>

Eliane Maria Ribeiro da Silva<sup>2</sup>

### RESUMO

O trabalho foi conduzido em uma área da Baixada Fluminense cultivada há cerca de 40 anos com *Paspalum notatum* Flugge cv. Batatais, com o objetivo de avaliar a produção sazonal de fitomassa e a flutuação da biomassa microbiana e os teores de nutrientes do solo da rizosfera dessa gramínea perene. Ao longo de um ano, foram coletadas amostras de parte aérea, sistema radicular e solo rizosférico em cada estação do ano. Foram detectadas flutuações sazonais na produção de matéria seca de *Paspalum notatum* e na acumulação de N, P e K, acompanhadas de alterações nos teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  e na biomassa microbiana do solo.

**Palavras-chaves:** Biomassa microbiana, gramíneas, nitrogênio

### ABSTRACT

#### SEASONAL CHANGES IN MICROBIAL BIOMASS AND NITRATE AND AMMONIUM CONTENTS OF SOIL COVERED BY *Paspalum notatum* IN AN AGROECOSYSTEM

This study was carried out in a cultivated area of 40-year-old *Paspalum notatum* Flugge cv. Batatais located in Fluminense Lowland, Rio de Janeiro State, Southeast of Brazil, to evaluate seasonal plant production of this species and its effect in microbial biomass and nutrient contents of the soil. During a year, shoot, roots and rhizospheric soil samples were collected seasonally. Seasonal changes of dry matter production and N, P and K accumulation in plant tissues were detected. Alterations in  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  contents and soil microbial biomass were also observed.

**Key words:** Microbial biomass, grasses, nitrogen

---

<sup>1</sup> Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo/Faculdade de Educação e Tecnologia Thereza Porto Marques

<sup>2</sup> Embrapa/Agrobiologia

## INTRODUÇÃO

A população microbiana do solo apresenta um papel fundamental na dinâmica de nutrientes em diferentes ecossistemas, afetando as transformações de C, N e P (DIAZ-RAVIÑA et al., 1993). Dentre os indicadores do solo capazes de representar a população microbiana, a biomassa microbiana destaca-se devido a sua relação com matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e fluxo de energia (DE-POLLI & GUERRA, 1999). Funcionalmente, a biomassa atua como um reservatório de nutrientes, imobilizando-os temporariamente e reduzindo perdas por lixiviação, o que possibilita seu uso posterior pelas plantas.

Por meio da quantificação da biomassa microbiana, torna-se possível avaliar as mudanças iniciais no conteúdo de matéria orgânica do solo oriundas do manejo agrícola. No entanto, seus resultados devem ser associados a outras variáveis como a respiração do solo e os teores de C orgânico e N total para que se possa avaliar a dinâmica da matéria orgânica (GAMA-RODRIGUES et al., 1997).

O tamanho da biomassa microbiana influencia a quantidade de nitrogênio disponível no solo para as plantas (DUXBURY & NKAMBULE, 1994), uma vez que os microrganismos são responsáveis pela transformação do N orgânico em íons amônio e nitrato. Essas formas de N mineral podem então ser absorvidas pelas plantas. Além da biomassa microbiana, outros fatores capazes de influenciar a mineralização do nitrogênio são as características químicas de substratos orgânicos adicionados ao solo (NADELHOFFER et al., 1991) e as variações de temperatura e umidade (FISK & SCHMIDT, 1995).

Através da utilização de plantas de cobertura em sistemas agrícolas, torna-se possível adicionar ao solo quantidades de resíduos vegetais capazes de afetar a biomassa microbiana do solo e, conseqüentemente, alterar o processo de mineralização do nitrogênio e outros elementos. Contudo, efeitos diferenciados sobre a biomassa microbiana têm sido observados em função do tipo de resíduo adicionado ao solo (ALMEIDA, 1991).

A gramínea *Paspalum notatum* Flugge cv. Batatais é uma planta largamente encontrada na região da Baixada Fluminense. ESPINDOLA et al. (1998) relatam a elevada produção de raízes e rizomas dessa espécie, o que lhe permite adicionar quantidades expressivas de matéria orgânica ao solo. Além disso, sua associação com a bactéria diazotrófica *Azotobacter paspali* é capaz de enriquecê-la com N derivado da fixação biológica (GILLER & WILSON, 1991). Essas características tornam *P. notatum* uma espécie promissora para a utilização como cobertura perene para a conservação do solo. Apesar das vantagens descritas, há poucas informações disponíveis sobre os efeitos nas características químicas e biológicas dos solos cobertos com essa espécie.

Os objetivos do presente trabalho foram monitorar as flutuações sazonais na produção de fitomassa e estoque de nutrientes na parte aérea e raízes de *P. notatum* e o impacto sobre os conteúdos de C e N microbianos em um Planossolo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição da área e delineamento experimental

O trabalho foi conduzido em área pertencente à Embrapa Agrobiologia, cultivada com *Paspalum notatum* Flugge cv. Batatais há cerca de 40 anos, localizada no município de Seropédica (43°41'W e 22°45'S), na região da Baixada Fluminense (RJ). As características climáticas da área durante a avaliação experimental encontram-se mostradas na Tabela 1.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com cinco repetições. Cada parcela constituiu-se de uma área de 4 m<sup>2</sup> em solo classificado como Planossolo. Foi escolhida aleatoriamente uma área de 0,25 m<sup>2</sup> por parcela ao longo de cada estação do ano, onde coletaram-se amostras de raízes, parte aérea e solo rizosférico durante o verão, outono, inverno e primavera de 1994 e verão de 1995. As raízes foram coletadas na profundidade de 0 a 10 cm, sendo a escolha dessa

profundidade justificada porque nela encontra-se a maior parte do sistema radicular de *Paspalum notatum*.

### **Produção de matéria seca e análise de nutrientes acumulados nas raízes e parte aérea**

Amostras de raiz e parte aérea de *P. notatum* foram secas em estufa à temperatura de 65°C até alcançarem massa constante. Posteriormente, as amostras foram finamente moídas e analisadas quanto aos teores de N, P e K. As análises de N foram feitas empregando-se o método Kjeldahl (BREMNER & MULVANEY, 1982). Após digestão nítrico-perclórica, os extratos foram analisados quanto a P (por colorimetria) e K (por fotometria de chama) conforme EMBRAPA (1979).

### **Análise de nutrientes em solo rizosférico**

As amostras de solo rizosférico foram caracterizadas quanto aos teores de C orgânico, N total, Ca + Mg e K trocáveis e P disponível (EMBRAPA, 1979). A extração de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  foi realizada com KCl 2 mol L<sup>-1</sup>, realizando-se sua estimativa como proposto por ALVES et al. (1994). P foi analisado colorimetricamente, K por fotometria de chama e Ca e Mg por titulação com EDTA. Os valores de pH foram determinados por leitura em potenciômetro.

### **Determinação de biomassa microbiana e respiração do solo**

Foi adotado o método de fumigação-extração para medir o carbono da biomassa microbiana (TATE et al., 1988). Três subamostras de cada amostra de solo rizosférico foram fumigadas em dessecador com clorofórmio por 24 h. Outras três subamostras foram deixadas sem fumigação. A umidade do solo foi determinada secando-se outra subamostra numa estufa a 105°C por 24 h. A extração foi feita com  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0,5 mol L<sup>-1</sup>, procedendo-se então conforme previamente descrito para a determinação de C

orgânico.

A determinação do nitrogênio da biomassa microbiana foi realizada dosando-se  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  extraídos em  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0,5 mol L<sup>-1</sup> de subamostras de solo fumigadas e não fumigadas (BROOKES et al., 1985).

A respiração do solo foi estimada após cinco dias de incubação. O  $\text{CO}_2$  produzido pela respiração do solo foi capturado em frascos contendo 20 ml de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>, procedendo-se então a titulação do excesso de hidróxido de sódio com HCl. O cálculo do quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) foi feito por meio da divisão da quantidade de  $\text{CO}_2$  liberado por hora pelo C da biomassa microbiana.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A produção de matéria seca de *P. notatum* apresentou flutuações sazonais tanto para as raízes quanto para a parte aérea. Em ambos os casos, os maiores valores foram obtidos durante os meses de verão (Tabela 2). De forma similar, observaram-se flutuações sazonais no conteúdo de nutrientes acumulados na fitomassa, sendo as quantidades de N, P e K na parte aérea e de P e K nas raízes maiores no verão. Considerando-se os incrementos relativos entre os períodos de inverno e de verão para, respectivamente, raízes e parte aérea de 68 e 363 % para massa seca; 68 e 462 % para N; 229 e 666 % para P; 149 e 514 % para K, nota-se que as variações na parte aérea são bem mais elevadas do que nas raízes. Tais variações podem ser entendidas a partir das características climáticas da região, como a temperatura e a distribuição de chuvas durante o ano. A queda nas taxas de precipitação pluviométrica (Tabela 1), com conseqüente redução nos teores de umidade do solo medidos durante o inverno (Tabela 3), podem reduzir a fotossíntese e afetar o crescimento das plantas (TAIZ & ZEIGER, 1991). Além disso, a redução dos teores de umidade do solo observada durante o inverno diminui a absorção de nutrientes, principalmente daqueles que chegam até as raízes por difusão e fluxo de

massa (BRADY, 1989).

Quantidades expressivas de carbono foram retiradas da atmosfera e alocadas na forma de matéria seca de parte aérea e sistema radicular das plantas ao longo de todo o ano. Considerando-se o somatório dos cortes, verifica-se que *P. notatum* acumulou 13 t de matéria seca ha<sup>-1</sup>, além de 134 kg de N e 90 kg de K ha<sup>-1</sup> durante o período de

amostragem. Os dados relativos à produção de matéria seca mostraram-se consideravelmente superiores àqueles relatados para outras gramíneas (Berdahl et al., 2001; ODHIAMBO & BOMKE, 2001), evidenciando a eficiência de *P. notatum* como planta de cobertura do solo. Assim, a manutenção da cobertura viva com essa espécie permitiu adicionar carbono ao solo, além de reciclar nutrientes que

**Tabela 1.** Temperatura média do ar e precipitação pluviométrica da área em estudo durante o período de avaliação.

Mês	Temperatura Média do Ar
	°C
Janeiro/94	24,3
Fevereiro/94	27,9
Março/94	24,3
Abril/94	22,9
Mai/94	22,2
Junho/94	18,9
Julho/94	19,2
Agosto/94	18,9
Setembro/94	20,8
Outubro/94	23,0
Novembro/94	24,0
Dezembro/94	25,6
Janeiro/95	26,6
Média	23,0
Total	----

**Tabela 2.** Variação sazonal na produção de matéria seca e conteúdo de nutrientes na parte aérea e raízes de *Paspalum notatum* cultivar Batatais.

Estação do ano	Matéria seca		N acumulado		P ac
	Parte	Raízes	Parte	Raízes	Parte
	Aérea		Aérea		Aérea
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----				
Verão/94	3.890 a <sup>(3)</sup>	4.890 ab	41,5 a	24,5 a	4,5 a
(Janeiro/94) <sup>(1)</sup>					
Outono/94	3.260 ab	3.180 ab	29,7 ab	16,2 a	3,2 ab
(Abril/94)					
Inverno/94	840 c	3.060 b	7,4 c	15,6 a	0,6 c
(Julho/94)					
Primavera/94	1.590 bc	4.370 ab	21,9 b	26,1 a	1,8 bc
(Outubro/94)					
Verão/95	3.730 a	5.150 a	33,1 ab	26,3 a	3,7 ab
(Janeiro/95)					
C.V. (%) <sup>(2)</sup>	36,81	24,93	23,66	25,80	49,69

<sup>(1)</sup> Mês de amostragem; <sup>(2)</sup> C.V. = Coeficiente de variação; <sup>(3)</sup> Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

são depositados sobre a superfície do solo após cada corte da parte aérea. Outras vantagens da utilização de cobertura vegetal sobre o solo, destacadas por DE-POLLI et al. (1996), são a redução das perdas de água por evaporação, o auxílio no controle da erosão e a formação de um ambiente mais favorável para os organismos benéficos do solo.

Assim como foi observado para a fitomassa, os teores de alguns nutrientes do solo rizosférico

também apresentaram flutuações sazonais (Tabela 4). Em relação aos teores de amônio e nitrato, observou-se um pico de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> durante o outono, seguido pelo aumento do teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> durante o inverno. Esses resultados são evidências de que a máxima mineralização do N do solo deve ter ocorrido entre o outono e o inverno. A importância disso para o agroecossistema estudado relaciona-se ao fato de parte do N mineralizado ser posteriormente imobilizado por microrganismos do solo ou

absorvido pelas plantas (ROY & SINGH, 1995). As alterações descritas para os teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  foram acompanhadas de redução progressiva no teor de umidade do solo no período entre o verão e o inverno (Tabelas 3 e 4). De acordo com KEENEY & SAHRAWAT (1986), a alternância de ciclos com maior e menor umidade no solo, como observado na área coberta com *P. notatum*, é responsável pelo aumento na taxa de mineralização do N.

Foram também observados maiores valores de

C orgânico e N total nas amostragens realizadas no verão e no outono, com posterior redução no inverno (Tabela 4). Os teores de P disponível também foram mais baixos no inverno, com elevação na primavera e no verão. A observação dos teores de C orgânico e N total ao longo das diferentes estações passa a impressão de que a matéria orgânica do solo manteve-se estável ao longo do ano, com exceção da queda observada nos meses de inverno. No entanto, DE-POLLI & GUERRA

**Tabela 3.** Variação sazonal dos parâmetros biológicos e da umidade avaliados no solo.

Estação do ano	Biomassa microbiana do solo <sup>(1)</sup>		
	C <sub>mic</sub>	N <sub>mic</sub>	Respiração
	----mg kg <sup>-1</sup> ----		mg CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> n
Verão/94 (Janeiro/94) <sup>(2)</sup>	202,8 b <sup>(4)</sup>	78,4 ab	224,7 a
Outono/94 (Abril/94)	370,2 a	89,0 a	152,7 b
Inverno/94 (Julho/94)	188,1 b	52,0 b	154,0 b
Primavera/94 (Outubro/94)	370,7 a	62,1 ab	175,2 ab
Verão/95 (Janeiro/95)	193,9 b	51,7 b	216,9 a
C.V. (%) <sup>(3)</sup>	28,17	22,57	15,56

<sup>(1)</sup> C<sub>mic</sub> = Carbono microbiano do solo; N<sub>mic</sub> = Nitrogênio microbiano do solo; qCO<sub>2</sub> = Quociente metabólico do solo; <sup>(2)</sup> Mês de amostragem; <sup>(3)</sup> C.V. = Coeficiente de variação; <sup>(4)</sup> As médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

(1996) destacam que nem sempre esses parâmetros se mostram índices sensíveis a mudanças sofridas no conteúdo da matéria orgânica do solo quando comparados à biomassa microbiana.

As mudanças detectadas nos conteúdos de C e N da biomassa microbiana do solo encontram-se na Tabela 3. O C microbiano apresentou valores que variaram em até 97 %, sendo os picos observados no outono e na primavera, que diferiram significativamente dos valores encontrados no verão e no inverno. Em relação ao N microbiano, foi observada variação percentual de até 72 %, sendo o pico observado no outono, decrescendo nos meses de inverno. Em concordância com os

resultados aqui observados, flutuações sazonais da biomassa microbiana do solo têm sido relatadas em ecossistemas florestais (DIAZ-RAVIÑA et al., 1995) e agrícolas (PATRA et al., 1995). Contudo, deve-se destacar que a flutuação no C e N microbianos não obedeceu o mesmo padrão observado para produção de fitomassa de *P. notatum*.

A interpretação dos resultados observados em relação à variação sazonal da biomassa microbiana pode ser entendida a partir das condições climáticas dominantes no local e seus efeitos sobre a decomposição dos resíduos de *P. notatum*. A elevação nos conteúdos de C e N microbianos no outono estariam associados à grande quantidade

**Tabela 4.** Valores de pH, teores de C e N total, Ca + Mg e K trocáveis e P, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> disponíveis no solo.

Estação do ano	Elementos				
	pH	Total		Trocável	
		C	N	Ca <sup>+2</sup> + Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>
	----g kg <sup>-1</sup> ----		-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---		
Verão/94 (Janeiro/94) <sup>(1)</sup>	5,3 a <sup>(3)</sup>	17,6 a	1,7 a	36 a	ε
Outono/94 (Abril/94)	5,6 a	16,7 a	1,7 a	38 a	ε
Inverno/94 (Julho/94)	5,7 a	9,4 b	0,9 b	34 a	ε
Primavera/94 (Outubro/94)	5,0 a	13,2 ab	1,4 a	41 a	ε
Verão/95 (Janeiro/95)	5,6 a	17,6 a	1,6 a	34 a	ε
C.V. (%) <sup>(2)</sup>	4,16	15,55	12,17	13,35	ε

<sup>(1)</sup> Mês de amostragem; <sup>(2)</sup> C.V. = Coeficiente de variação; <sup>(3)</sup> Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

de fitomassa formada no verão e, posteriormente, adicionada à superfície do solo na forma de resíduo após o corte da parte aérea de *P. notatum*. O pico do C microbiano também observado na primavera pode ser entendido pela elevação concomitante da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica nessa época do ano, o que acarreta condições favoráveis ao aumento da biomassa microbiana do solo. Segundo GAMA-RODRIGUES (1999), tais elevações conferem função de reserva à biomassa microbiana, acumulando grandes quantidades de nutrientes.

A respiração e o quociente metabólico do solo também sofreram flutuações sazonais, como demonstrado na Tabela 3. Os dados relativos à respiração do solo apresentaram variação percentual de 47 % na evolução de  $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1}$  de solo, com valores máximos detectados no verão. Com relação ao quociente metabólico, houve variação de 116 % na evolução de  $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1}$  de C microbiano  $\text{h}^{-1}$ . De forma semelhante à respiração do solo, os maiores valores foram encontrados no período de verão.

A respiração e o quociente metabólico do solo variaram de acordo com a temperatura do ar e a taxa de precipitação pluviométrica, mostrando-se intimamente associados com o teor de umidade do solo (Tabela 3). Maiores níveis de atividade microbiana têm sido relatados com o aumento da temperatura e da umidade do Solo (SANTRUCKOVA & STRASKRAVA, 1991; ALVAREZ et al., 1995), implicando em redução no conteúdo de C microbiano.

Os dados relativos à biomassa microbiana, respiração e quociente metabólico do solo assumem importância dentro do contexto ambiental na medida que permitem uma melhor compreensão da ciclagem de nutrientes em áreas cultivadas com *Paspalum notatum*. A redução dos valores de C microbiano durante os meses de verão, associada ao aumento da respiração e do quociente metabólico, indica que a biomassa microbiana estaria liberando nutrientes para a solução do solo. Tais nutrientes poderiam então ser absorvidos por *P. notatum* ou por outra

espécie vegetal consorciada. Por outro lado, os picos de C microbiano e os baixos valores de quociente metabólico durante os meses de primavera e outono sugerem que a biomassa microbiana funciona como um compartimento de reserva de nutrientes nesses períodos, evitando perdas através de processos como a lixiviação.

Dessa forma, o entendimento das variações sazonais na produção de fitomassa de *P. notatum* e o seu impacto sobre parâmetros químicos e biológicos do solo pode revelar-se uma estratégia importante em agroecossistemas com condições edafoclimáticas semelhantes às observadas na Baixada Fluminense. Isso porque o conhecimento de tais variações auxilia na elaboração de estratégias de manejo dessa gramínea como planta de cobertura do solo, visando o fornecimento adequado de nutrientes para outras espécies consorciadas.

## CONCLUSÃO

Flutuações sazonais na produção de fitomassa aérea e subterrânea de *Paspalum notatum*, decorrentes de variações nos atributos climáticos ao longo do ano, são acompanhadas de flutuações nas quantidades de N, P e K acumulados na fitomassa, e nos teores de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ , conteúdo e atividade da biomassa microbiana do solo.

## LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, D.L. de. *Contribuições da adubação orgânica para a fertilidade do solo*. Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1991. 192p. (Tese de Doutorado).
- ALVAREZ, R.; SANTANATOGLIA, O.J. & GARCIA, R. Effect of temperature on soil microbial biomass and its metabolic quotient in situ under different tillage systems. *Biol. Fertil. Soils*, v.19, p.227-230, 1995.



- ALVES, B.J.R.; SANTOS, J.C.F.; URQUIAGA, S. & BODDEY, R.M. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: HUNGRIA, M. & ARAÚJO, R.S. (eds). *Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola*. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994. p.449-469.
- BERDAHL, J.D.; KARN, J.F. & HENDRICKSON, J.R. Dry matter yields of cool-season grass monocultures and grass-alfalfa binary mixtures. *Agron. J.*, v.93, p.463-467, 2001.
- BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7.ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. 898p.
- BREMNER, J.M. & MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L. (ed). *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1982. p.595-624.
- BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G. & JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biol. Biochem.*, v.17, p.837-842, 1985.
- DE-POLLI, H. & GUERRA, J.G.M. Biomassa microbiana: Perspectivas para o uso e manejo do solo. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F. (eds). *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Universidade Federal de Viçosa, 1996. p.551-564.
- DE-POLLI, H. & GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O. (eds). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.389-411.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de & FRANCO, A.A. Adubação verde – Parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CASTRO FILHO, C. de & MUZILLI, O. (eds). *Manejo integrado de solos em micróbios hidrológicos*. Londrina, Instituto Agrônomo do Paraná/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.225-242.
- DÍAZ-RAVIÑA, M.; ACEA, M.J. & CARBALLAS, T. Microbial biomass and its contribution to nutrient concentrations in forest soils. *Soil Biol. Biochem.*, v.25, p.25-31, 1993.
- DÍAZ-RAVIÑA, M.; ACEA, M.J. & CARBALLAS, T. Seasonal changes in microbial biomass and nutrient flush in forest soils. *Biol. Fert. Soils*, v.19, p.220-226, 1995.
- DUXBURY, J.M. & NKAMBULE, S.V. Assessment and significance of biologically active soil organic nitrogen. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. (eds). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.125-146.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro, 1979. não paginado.
- ESPINDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L. de; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R. da & SOUZA, F.A. de. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.33, p.339-347, 1998.
- FISK, M.C. & SCHMIDT, S.K. Nitrogen mineralization and microbial biomass nitrogen dynamics in three alpine tundra communities. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.59, p.1036-1043, 1995.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. da. Biomassa microbiana

- e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O. (eds). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.227-243.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. da; GAMA-RODRIGUES, A.C. da & BARROS, N.F. da. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. *R. Bras. Ci. Solo*, v.21, p.361-365, 1997.
- GILLER, K.E. & WILSON, K.J. *Nitrogen fixation in tropical cropping systems*. Wallingford, CAB International, 1991. 313p.
- KEENEY, D.R. & SAHRAWAT, K.L. Nitrogen transformations in flooded rice soils. *Fert. Res.*, v.9, p.15-38, 1986.
- NADELHOFFER, K.J.; GIBLIN, A.E.; SHAVER, G.R. & LAUNDRE, J.A. Effects of temperature and substrate quality on element mineralization in six arctic soils. *Ecology*, v.72, p.242-253, 1991.
- ODHIAMBO, J.J.O. & BOMKE, A.A. Grass and legume cover crop effects on dry matter and nitrogen accumulation. *Agron. J.*, v.93, p.299-307, 2001.
- PATRA, D.D.; CHAND, S. & ANWAR, M. Seasonal changes in microbial biomass in soils cropped with palmarosa (*Cymbopogon martinii* L.) and Japanese mint (*Mentha arvensis* L.) in subtropical India. *Biol. Fertil. Soils*, v.19, p.193-196, 1995.
- ROY, S. & SINGH, J.S. Seasonal and spatial dynamics of plant-available N and P pools and N-mineralization in relation to tree roots in a dry tropical forest habitat. *Soil Biol. Biochem.*, v.27, p.33-40, 1995.
- SANTRUCKOVA, H. & STRASKRAVA, M. On the relationship between specific respiration activity and microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem.*, v.23, p.525-532, 1991.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Plant physiology*. Redwood City, Benjamin/Cummings, 1991. 565p.
- TATE, K.R.; ROSS, D.J. & FELTHAM, C.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. *Soil Biol. Biochem.*, v.20, p.329-335, 1988.