



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria  
Brasil

Coutinho Junqueira Franco, Henrique; Damin, Virgínia; Franco, Ademir; Ferreira Moraes, Milton;  
Ocheuze Trivelin, Paulo Cesar

Perda de nitrogênio pela *Brachiaria decumbens* após a antese: relação com a umidade do solo

Ciência Rural, vol. 38, núm. 1, janeiro-fevereiro, 2008, pp. 96-102

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33138116>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## Perda de nitrogênio pela *Brachiaria decumbens* após a antese: relação com a umidade do solo

Nitrogen loss through *Brachiaria decumbens* after anthesis stage: relation with soil moisture

Henrique Coutinho Junqueira Franco<sup>I,IV</sup> Virgínia Damin<sup>I</sup> Ademir Franco<sup>II</sup>  
Milton Ferreira Moraes<sup>II</sup> Paulo Cesar Ocheuze Trivelin<sup>III</sup>

### RESUMO

Com o objetivo de avaliar a perda de N por plantas de *Brachiaria decumbens* no estágio da pós-antese relacionada com a umidade do solo, realizou-se um experimento em casa-de-vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e seis repetições. Os tratamentos do estudo constaram da colheita de plantas nos seguintes estádios e condições de umidade do solo: (a) A60: estágio de antese e com umidade do solo mantida a 60% da capacidade máxima de retenção de água; (b) PA60: estágio de pós-antese ou maturidade com umidade do solo mantida a 60% da capacidade máxima de retenção de água; e (c) PA20: pós-antese com umidade estabelecida após a antese de 20% da capacidade máxima de retenção de água do solo. As plantas de *Brachiaria decumbens*, cultivadas em vasos preenchidos com solo arenoso, foram fertilizadas com sulfato de amônio-<sup>15</sup>N (800mg vaso<sup>-1</sup> de N). As plantas dos tratamentos pós-antese (PA60 e PA20) foram colhidas após 17 dias do início do florescimento. O balanço de N do sulfato de amônio (<sup>15</sup>N) no sistema solo-planta indicou perdas de N, presumivelmente pela parte aérea das plantas de *Brachiaria decumbens*, no estágio de pós-antese (tratamento PA60), da ordem de 25% em relação ao de antese (A60). A perda de N na pós-antese avaliada no tratamento com déficit hídrico (PA20) foi reduzida comparativamente ao PA60, sendo da ordem de 11% em relação ao tratamento A60.

**Palavras-chave:** balanço de <sup>15</sup>N; amônio; perdas de N foliar.

### ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the N loss through *Brachiaria decumbens* in the stage of post-anthesis related to the soil moisture. The experiment was carried

out in green-house condition and the experimental design was a completely randomized, with three treatments and six replications. Plants of grass-*Brachiaria* were cultivated in pots filled out with sandy soil. The soil of each pot was fertilized with ammonium sulfate-<sup>15</sup>N (800mg vaso<sup>-1</sup> of N). The treatments consisted of harvest of plants in the stages and soil moisture conditions, as following: (a) A60: stage of anthesis and with soil moisture maintained to 60% of the maximum water retention capacity; (b) PA60: post-anthesis stage or maturity with soil moisture maintained to 60% of the maximum retention capacity, and (c) PA20: post-anthesis stage with soil moisture of 20% of the maximum water retention capacity established after the anthesis stage. The plants of the treatments post-anthesis (PA60 and PA20) were harvested after 17 days beginning of the flowering stage. The balance of N from ammonium sulfate (<sup>15</sup>N) in the soil-plant system indicated losses of N, presumably from the aerial part of grass-*Brachiaria* plants in the post-anthesis stage (treatment PA60). These values were of the order of 25% in relation to the anthesis treatment (A60). The N loss in the post-anthesis stage as evaluated in the treatment with water deficits (PA20), it was minimized comparatively to the PA60 and it was of the order of 11% in relation to the treatment A60.

**Key words:** <sup>15</sup>N balance; ammonium; foliar N losses.

### INTRODUÇÃO

O nitrogênio é um elemento muito reativo no solo e dentre os nutrientes essenciais de plantas é o que sofre o maior número de transformações bioquímicas e, conseqüentemente, pode ser perdido

<sup>I</sup>Departamento de Ciência do Solo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP). Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba, SP, Brasil.

<sup>II</sup>Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Piracicaba, SP, Brasil.

<sup>III</sup>CENA/USP, Laboratório de Isótopos Estáveis, Piracicaba, SP.

<sup>IV</sup>Laboratório de Isótopos Estáveis (CENA/USP). Av. Centenário, 303, CP 96, 13400-970, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: hjfranco@cena.usp.br. Autor para correspondência.

do sistema solo-planta por vários processos. Dentre as principais formas de perdas ou saídas de N nos agrossistemas, estão a remoção pela cultura; a volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ) no solo causada pela mineralização da matéria orgânica ou devido às fertilizações com adubos amídicos-amoniacais; as perdas gasosas de óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ) e nitrogênio elementar ( $\text{N}_2$ ), tanto do solo, relacionado aos processos de desnitrificação-nitrificação, como da parte aérea dos vegetais na redutase do nitrato nos cloroplastos; a lixiviação de nitrato no solo para fora do alcance do sistema radicular dos vegetais e, também, as perdas de N pela parte aérea das plantas na forma de  $\text{NH}_3$  (FARQUHAR et al., 1980; HOLTAN-HARTWING & BOCKMAN, 1994; TRIVELIN, 2000).

A perda de N pela parte aérea dos vegetais tem sido considerada como contribuinte para o aumento da concentração de  $\text{NH}_3$  na atmosfera (SUTTON et al., 1993), sendo responsável por 15-20% do total das emissões gasosas de  $\text{NH}_3$  (ASMAN et al., 1998).

A magnitude das perdas de N pela parte aérea das culturas pode variar com a espécie cultivada. Resumindo dados de literatura, WETSELAAR & FARQUHAR (1980) constataram perdas da ordem de 16 a 40, 48, 21 e 42 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N para as culturas de trigo, arroz, sorgo granífero, algodão e centeio, respectivamente. Para o milho, FRANCIS et al. (1993) encontraram perdas de 45 a 81 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N, com aplicações de N variando entre 50 e 300 kg  $\text{ha}^{-1}$ . Para as culturas de nabo, trigo, cevada e ervilha, SCHJOERRING & MATTSSON (2001) encontraram perdas de 1-5 kg  $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_3$  em dois anos de cultivo. As perdas de N pela parte aérea de cana-de-açúcar foram estimadas, indiretamente, por NG KEE KWONG & DEVILLE (1994) e TRIVELIN (2000), respectivamente, nas Ilhas Maurício e no Brasil, como sendo da ordem de 100 kg  $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , valor idêntico ao das doses de N aplicadas nas fertilizações de canaviais.

As perdas de N pela parte aérea dos vegetais podem estar relacionadas ao estágio de desenvolvimento da cultura, à disponibilidade de N no solo, à condutância dos estômatos, à temperatura da folha e ao nível de  $\text{NH}_3$  na planta e na atmosfera (PARTON et al., 1988; FRANCIS et al., 1993; SCHJOERRING et al., 1998).

Com relação ao estágio de desenvolvimento dos vegetais, as perdas de N pela parte aérea parecem ser maiores após o florescimento, quando inicia o processo fisiológico de senescência. SCHJOERRING et al. (1989) observaram perdas superiores a 10 kg  $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_3$  no período entre a antese e a colheita

da cultura de cevada. No entanto, DAIGGER et al. (1976), cultivando trigo de inverno, encontraram perdas que variaram de 25 a 80 kg  $\text{ha}^{-1}$  entre a antese e a colheita. Na pós-antese na cultura de soja, foram encontradas perdas de 5,9 a 76,9 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N (HARPER et al., 1987; PAPAKOSTA & GAGIANAS, 1991). Durante a senescência foliar, que tem início após o florescimento, o aumento da hidrólise de proteínas é acompanhado pela redução nas atividades das enzimas glutamina sintetase (GS) e glutamato sintase (GOGAT), com o aumento de atividade da glutamato desidrogenase (GDH), principais responsáveis pela assimilação de  $\text{NH}_3$  no metabolismo do nitrogênio nas plantas superiores. A redução na atividade dessas enzimas resulta no aumento da concentração de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) na planta (MATTSSON et al., 1998). Como o  $\text{NH}_4^+$ , em altas concentrações, é tóxico para os vegetais (LEA, 1991; HOLTAN-HARTWING & BOCKMAN, 1994; MATTSSON et al., 1998), essa redução pode resultar em perdas naturais de  $\text{NH}_3$  junto à corrente transpiratória.

Por outro lado, a  $\text{NH}_3$  da atmosfera pode ser absorvida pelos vegetais, após sua dissolução no filme de água que recobre a epiderme foliar e as cavidades estomáticas, principalmente, com a formação do orvalho. A intensidade e o sentido com que ocorrem as trocas de  $\text{NH}_3$  entre as folhas e a atmosfera dependem do ponto de compensação de  $\text{NH}_3$  (FARQUHAR et al., 1980), que pode variar com a temperatura, a intensidade luminosa, o fotoperíodo, com a nutrição nitrogenada da planta, a espécie e a cultivar e o estágio vegetativo da planta (HOLTAN-HARTWING & BOCKMAN, 1994; HUSTED et al., 1996; MATTSSON & SCHJOERRING, 1996; MATTSSON et al., 1997; SCHJOERRING et al., 1998). Para concentrações de  $\text{NH}_3$  na atmosfera abaixo do ponto de compensação de  $\text{NH}_3$  da planta, ocorre sua emissão pelas folhas, para concentrações acima, predomina a absorção foliar de  $\text{NH}_3$  (FARQUHAR et al., 1980; HOLTAN-HARTWING & BOCKMAN, 1994). HUSTED & SCHJOERRING (1996) estabeleceram, em plantas de nabo forrageiro, uma equação termodinâmica de equilíbrio entre concentração de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{H}^+$  no apoplasto das folhas e a concentração de  $\text{NH}_3$  na atmosfera (ponto de compensação de  $\text{NH}_3$ ).

Outro fator que interfere nas perdas de N pela parte aérea dos vegetais é a disponibilidade de água, visto que esta influencia a condutância dos estômatos (WETSELAAR & FARQUHAR, 1980). Provavelmente, o suprimento adequado de água para as plantas também interfere nas perdas de nitrogênio pela parte aérea dos vegetais, porém não foram encontrados na literatura estudos sobre o efeito isolado do déficit hídrico.

Portanto, avaliar a influência do estágio de desenvolvimento de plantas e da intensidade de déficit hídrico na perda de N pela parte aérea das plantas é de relevância na definição de alternativas de manejo que proporcionem maior eficiência da adubação nitrogenada. Assim posto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da umidade do solo no estágio de pós-antese na possível perda de nitrogênio pela parte aérea das plantas de *Brachiaria decumbens*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa-de-vegetação, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), em Piracicaba, SP, no período de julho a novembro de 2005. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos e seis repetições, que corresponderam a: (a) A60 - colheita de plantas na antese com umidade do solo mantida a 60% da capacidade máxima de retenção de água, considerada como referência; (b) PA60 - colheita na fase de pós-antese com umidade do solo mantida a 60% da capacidade máxima de retenção de água; e (c) PA20 - colheita na fase de pós-antese, com umidade do solo estabelecida após a antese em 20% da capacidade máxima de retenção de água.

As parcelas constituíram-se de vasos preenchidos com 4kg de solo secado ao ar, colhido na camada de 0-20cm de um Neossolo Quartzarênico, apresentando: pH (CaCl<sub>2</sub>) 4,1; 4g kg<sup>-1</sup> de M.O.; 1mg dm<sup>-3</sup> de P (resina), 7mg kg<sup>-1</sup> de S-SO<sub>4</sub>, K, Ca, Mg, H+Al, Al, Soma de bases e CTC, respectivamente, de: 0,3; 5; 2; 25; 8; 7; 32mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

A acidez e a fertilidade do solo foram corrigidas antes do plantio da *Brachiaria decumbens*. A quantidade de calcário necessário para correção da acidez foi determinada segundo PENATTI & FORTI (1994). Utilizou-se calcário dolomítico (PRNT = 91%), na dose de 1,5g kg<sup>-1</sup> de solo. O corretivo foi aplicado juntamente com 200mg kg<sup>-1</sup> de P na forma de superfosfato triplo, procedendo-se à mistura dos insumos na massa de solo de cada vaso. Posteriormente, foram aplicados ao solo de cada vaso 100mL de solução contendo 150mg kg<sup>-1</sup> de K (cloreto de potássio p.a.), 4mg kg<sup>-1</sup> de Zn (sulfato de zinco p.a.), 4mg kg<sup>-1</sup> de B (ácido bórico p.a.) e 12mg kg<sup>-1</sup> de Cu (sulfato de cobre p.a.). Após as correções de acidez e fertilidade do solo, os vasos foram umedecidos com 500mL de água destilada (80% da capacidade máxima de retenção de água) e incubados nessa umidade por um período de 15 dias. A capacidade máxima de retenção de água do solo foi determinada pelo método do torrão separado pela frente de molhamento descrito por COSTA(1983).

Ao final do período de incubação, em 29/07/2005, foram semeadas, manualmente, 100 sementes de *Brachiaria decumbens* por parcela. As sementes foram plantadas a 1,0cm de profundidade. Em 02/09/2005 realizou-se um corte de uniformização da parte aérea da forrageira a uma altura aproximada de 10cm da superfície do solo. Na mesma data, foi aplicado o fertilizante nitrogenado sulfato de amônio, na dose de 200mg kg<sup>-1</sup> de N, marcado com 3,03% em átomos de <sup>15</sup>N. O N foi aplicado na forma de solução (50mL vaso<sup>-1</sup>), adicionando-se, em seguida, 50mL de água destilada em cada vaso. Durante todo o período experimental, o solo dos vasos foi regado diariamente, mantendo-se a umidade próxima de 60% da capacidade de retenção de água. A umidade dos vasos foi controlada mediante a pesagem diária em balança eletrônica. Os vasos tinham o fundo fechado, não havendo perdas de água ou nutrientes das parcelas por lixiviação.

A colheita das plantas do tratamento A60 (referência) foi realizada em 24/10/2005 (87 dias após o plantio), quando as plantas da forrageira estavam no estágio de início do florescimento (antese). Após 17 dias (10/11/2005) da colheita das plantas do tratamento referência (A60), realizou-se a colheita dos outros tratamentos (PA60 e PA20) no estágio de pós-antese. Na colheita, as plantas de cada parcela foram separadas em parte aérea e raiz. A parte aérea foi cortada rente à superfície do solo. As raízes foram separadas do solo usando-se peneira de malha de 2mm. Posteriormente, após efetuar a retirada do máximo possível de terra aderida às raízes, efetuou-se a lavagem das mesmas para retirada da terra que ainda permanecia aderida. A parte aérea e as raízes das plantas de *Brachiaria decumbens* foram secadas em estufa de circulação forçada à temperatura de 65°C e obtidas as massas totais. Determinou-se a massa total de solo secado ao ar de cada vaso. Subamostras de solo foram retiradas para determinação da umidade em estufa a 105°C (48h).

Na determinação do N total e de abundância de <sup>15</sup>N, as amostras de parte aérea e raiz foram trituradas em moinho tipo Wiley, e subamostras do solo secado ao ar foram passadas em moinho de Bola. Após o preparo das amostras, realizaram-se as determinações de N-total (mg kg<sup>-1</sup> de N) e de abundância de <sup>15</sup>N (% em átomos) em espectrômetro de massas, contendo analisador automático de N, modelo ANCA-SL, 20-20 da PDZ Europa (Krewe, UK).

A recuperação do nitrogênio proveniente do sulfato de amônio (mg vaso<sup>-1</sup>) foi calculada pela expressão:

$$NPPF = [(a - c)/(b - c)] \cdot N \text{ total}$$

em que:

NPPF - Nitrogênio na planta ou no solo proveniente

do N-sulfato de amônio ( $^{15}\text{N}$ ), ( $\text{mg vaso}^{-1}$ );

a - Abundância de  $^{15}\text{N}$  (% em átomos) na planta ou solo;

b - Abundância de  $^{15}\text{N}$ -sulfato de amônio (3,03 % em átomos de  $^{15}\text{N}$ );

c - Abundância natural de  $^{15}\text{N}$  (0,367 % em átomos de  $^{15}\text{N}$ );

N total - Conteúdo de nitrogênio na planta ou no solo ( $\text{mg vaso}^{-1}$ ).

A recuperação percentual do N do sulfato de amônio na planta e no solo foi calculado como:

$$\%R = (\text{NPPF} / D) * 100,$$

sendo:

D - dose de N aplicada ( $800\text{mg vaso}^{-1}$ ).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias dos tratamentos foi realizada pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,1$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerada a mesma umidade do solo (60% da capacidade máxima de retenção de água), o desenvolvimento da *Brachiaria decumbens*, avaliado pela produção de massa de matéria vegetal seca da parte aérea e da planta toda foi maior em PA60 que na referência (A60) (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtidos por BOLOGNA et al. (2006), avaliando perdas de N pela parte aérea de plantas de trigo, que verificaram maior acúmulo de fitomassa nos estádios mais avançados de desenvolvimento da cultura (pós-antese e maturidade fisiológica), mantida a mesma umidade do solo. Entretanto, neste estudo, o déficit

hídrico induziu a um menor desenvolvimento da parte aérea da forrageira no período de pós-antese, causando diferença significativa entre os tratamentos PA60 e PA20 (Tabela 1). Porém, na produção de massa de matéria seca de raízes, não se constatou diferença entre os tratamentos, mas com tendência a apresentar também os menores valores.

Para o acúmulo de N na planta toda (Tabela 1), verifica-se que o N-total de plantas na fase de antese (A60) foi maior que o do tratamento PA60, evidenciando a possível ocorrência de perdas de N durante o período de pós-antese, sendo estas da ordem de 28% do N total em A60. Para o tratamento com déficit hídrico (PA20), observou-se menor redução de N nas plantas da forrageira (16% do N total acumulado) em relação a A60; porém, não houve diferença entre as médias de acúmulo de N desses tratamentos pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade (Tabela 1).

Em experimento realizado em condições semelhantes às do presente trabalho, BOLOGNA et al. (2006) obtiveram para a cultura do trigo perdas de N, entre as fases de pós-antese e maturidade fisiológica, da ordem de 8,4 e 6,8% do nitrogênio total aplicado para a menor e maior dose ( $180$  e  $300\text{mg vaso}^{-1}$  de N), respectivamente. DAIGGER et al. (1976) verificaram redução significativa no acúmulo de N por plantas de trigo no período de pós-antese, sendo que, nove dias após a antese, as plantas passaram de  $135\text{kg ha}^{-1}$  de N para  $100\text{kg ha}^{-1}$  de N, mantendo-se este valor constante até a maturidade fisiológica da cultura. Essa redução no acúmulo de N representou queda de 26% do N em relação ao obtido na fase de antese. Os autores

Tabela 1 - Massa de matéria seca ( $\text{g vaso}^{-1}$ ) e nitrogênio total ( $\text{mg vaso}^{-1}$ ) da raiz, parte aérea e planta toda de capim-Brachiaria.

Tratamentos	Matéria seca		
	Raiz	Parte aérea	Planta toda
		$\text{g vaso}^{-1}$	
A60	15,0 a	26,4 b	41,4 b
PA60	16,6 a	40,9 a	57,5 a
PA20	13,5 a	28,9 b	42,3 b
CV (%)	23	11	12
		Nitrogênio total	
		$\text{mg vaso}^{-1}$	
A60	186,8 a	336,8 a	523,6 a
PA60	167,6 a	209,7 b	377,3 b
PA20	184,8 a	252,8 ab	437,6 ab
CV (%)	26	25	23

A60 = colheita na antese com umidade do solo mantida a 60% da capacidade máxima de retenção de água; PA60 = colheita na fase de pós-antese com umidade do solo mantida a 60% da capacidade máxima de retenção de água e PA20 = colheita na fase de pós-antese com umidade do solo estabelecida a 20% da capacidade máxima de retenção de água após a antese. Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 10 % de probabilidade.

constatarem ainda que as perdas de N aumentaram com a dose de N empregada. HOOKER et al. (1980), em experimento de condições controladas (atmosfera), constatarem no período de pós-antese que o acúmulo de N diminuiu sensivelmente em plantas de trigo, passando de 14g m<sup>-2</sup> para 10g m<sup>-2</sup>, dez dias após o florescimento. Os autores constatarem também aumento na concentração de NH<sub>3</sub> na armadilha montada para capturar gases emitidos pelo sistema solo-planta, em que a concentração de amônia passou de 2mg m<sup>-2</sup>, no momento do florescimento, para próxima de 6mg m<sup>-2</sup> 30 dias após. Com isso, conclui-se que o aumento dos níveis de N-NH<sub>3</sub> na atmosfera controlada foi devido ao decréscimo do N total das plantas de trigo, caracterizando perdas de N pela parte aérea na fase de pós-antese.

Por outro lado, o trigo cultivado em solução nutritiva não apresentou decréscimo no acúmulo de N durante a fase de pós-antese, ocorrendo, inclusive, acúmulo linear de N pelas plantas durante o período experimental (SMITH et al., 1983). Segundo esses autores, a excelente relação entre o fornecimento de água e a ótima nutrição de N, permitiu que as plantas continuassem a fotossíntese e absorvessem mais N, o que compensou possíveis perdas de N pela parte aérea.

A recuperação do <sup>15</sup>N-fertilizante no solo foi de 7 a 9,5%, considerada baixa (Tabela 2) se comparada com outros resultados de pesquisa, em que a recuperação do <sup>15</sup>N-fertilizante no solo, geralmente, é mais elevada. OLIVEIRA (2001) verificou recuperação da ordem de 20% do <sup>15</sup>N-fertilizante no solo após a colheita da parte aérea da *Brachiaria brizantha*.

Com relação à recuperação do <sup>15</sup>N-fertilizante da planta inteira, verifica-se um comportamento semelhante nas perdas de N do isótopo (Tabela 2) em relação às perdas ocorridas com o N total (Tabela 1), tendo-se em vista que as plantas colhidas na fase de pós-antese recuperaram menos <sup>15</sup>N-fertilizante, cerca de 17 (PA20) e 29% (PA60), em relação à testemunha, praticamente os mesmos valores observados para o N total (Tabela 1).

A recuperação do <sup>15</sup>N-sulfato de amônio no sistema solo-planta foi de 66,5% no A60 (Tabela 2), sendo esta a maior observada entre os tratamentos. Este resultado está próximo do obtido por OLIVEIRA (2001) com forrageira do gênero *Brachiaria* (59,6 a 65,3%). É provável que, antes da colheita das plantas do tratamento antese (início do florescimento), possam ter ocorrido perdas de N via parte aérea. Isto porque, nos estádios reprodutivos (pós-antese - início da senescência), há aumento do potencial de emissão de NH<sub>3</sub> devido às mudanças no metabolismo do N no vegetal, uma vez que ocorre maior clivagem de proteínas e aminoácidos nesses estádios (MORGAN & PARTON, 1989). HARPER et al. (1987) evidenciaram, por meio do uso de <sup>15</sup>N, que, após a antese do trigo, metade do nitrogênio do grão proveio da remobilização do N armazenado nos caules e folhas durante o processo de proteólise de proteínas e aminoácidos, no período de maturação das folhas e caules, sendo a outra metade oriunda do solo. Segundo SILVA & STUTTE (1981), a toxicidade de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ocorre em tecidos de plantas quando este íon é acumulado mais rapidamente do que é metabolizado. A conversão em amidas e aminoácidos e a reoxidação de formas de N são consideradas mecanismos para desintoxicar o NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Tabela 2 - Recuperação (mg vaso<sup>-1</sup> e %) do sulfato de amônio aplicado no sistema solo-planta.

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Planta toda	Solo	Solo-Planta
	mg vaso <sup>-1</sup>				
A60	163,7 a	312,0 a	475,7 a	56,2 a	531,9 a
PA60	144,1 a	192,1 b	336,2 b	61,7 a	397,8 b
PA20	163,9 a	230,9 b	394,8 ab	76,1 a	470,9 ab
CV (%)	27	25	23	24	20
	-----%				
A60	20,5 a	39,0 a	59,5 a	7,0 a	66,5 a
PA60	19,6 a	25,8 b	45,5 b	7,7 a	54,0 b
PA20	20,5 a	28,9 b	49,3 ab	9,5 a	58,9 ab
CV (%)	25	23	20	24	17

A60 = colheita na antese com umidade do solo mantida a 60% da capacidade máxima de retenção de água; PA60 = colheita na fase de pós-antese com umidade do solo mantida a 60% da capacidade máxima de retenção de água e PA20 = colheita na fase de pós-antese com umidade do solo estabelecida a 20% da capacidade máxima de retenção de água após a antese. Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 10 % de probabilidade.

No estudo da atividade das enzimas glutamato desidrogenase (GDH) e glutamato sintetase (GS) em plantas de nabo forrageiro (*Brassica napus*) na fase de senescência, em condições naturais, WATANABE et al. (1997) verificaram aumento na atividade da enzima glutamato desidrogenase e redução da atividade da enzima glutamato sintetase. Estas enzimas são responsáveis pela formação de  $\alpha$ -cetoglutarato e  $\text{NH}_4^+$  (glutamato desidrogenase) e síntese de glutamina a partir de glutamato e  $\text{NH}_4^+$  (glutamato sintetase). Como consequência, ocorre acúmulo de  $\text{NH}_4^+$  na planta, que, em altas concentrações nos tecidos, é tóxico às plantas, resultando em eliminação de  $\text{NH}_3$  via parte aérea (LEA, 1991; HOLTAN-HARTWING & BOCKMAN, 1994; MATTSON et al., 1998). Resultados semelhantes foram encontrados por MAHESWARI et al. (1992) e SIMPSON & DALLING (1981), que observaram acúmulo de  $\text{NH}_3$  e diminuição no conteúdo de proteína em plantas durante a senescência das plantas.

Durante a senescência das plantas, o  $\text{NO}_2^-$  pode ser acumulado no tecido dos vegetais devido à redução da clorofila (HOOKER et al., 1980). Dessa maneira, o  $\text{NO}_2^-$  seria a fonte para a volatilização de  $\text{NO}_2$  e  $\text{NO}_x$  via corrente transpiratória, resultando em perdas de N via parte aérea das plantas.

As perdas de nitrogênio do sistema foram 11 e 25% maiores nos tratamentos PA20 e PA60, respectivamente, do que no tratamento A60 (Tabela 2). Este resultado evidencia que as perdas de nitrogênio pela parte aérea da cultura ocorreram durante a fase de pós-antese da forrageira, sendo que o déficit hídrico restringiu essas perdas, possivelmente por diminuir a taxa fotossintética, resultando em menor produção de massa seca de forragem (Tabela 1), gerando menor atividade metabólica dentro do vegetal. Com isso, as plantas desdobraram menos proteínas e aminoácidos, proporcionando, então, menores teores de  $\text{NH}_4^+$ . Este fato, aliado a provável redução da evapotranspiração das plantas devido ao estresse hídrico, resultou, portanto, em menores emissões de  $\text{NH}_3$  para a atmosfera via estômato. Resultados semelhantes foram observados por SCHJOERRING & MATTSSON (2001), avaliando emissões de  $\text{NH}_3$  pela parte aérea de plantas de cevada cultivadas sob diferentes níveis de adubação nitrogenada por dois anos consecutivos, sendo que esses autores observaram no ano mais chuvoso o dobro de emissão de  $\text{NH}_3$  encontrada no ano mais seco. HUSTED et al. (1996) avaliaram o efeito da umidade do ar sobre as perdas de N- $\text{NH}_3$  e observaram que estas foram maiores quando as plantas haviam sido submetidas a umidades de 60 e 80%, em relação a 20% de umidade relativa do ar.

Com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que as perdas de N pela parte aérea no período de pós-antese da *Brachiaria decumbens* são reais e significativas, e a magnitude destas perdas foi dependente, para as condições do trabalho, da umidade do solo. Maiores informações devem ser geradas em estudos futuros envolvendo a dinâmica do nitrogênio dentro da planta e as interações desta com o ambiente. Isso porque, nas condições brasileiras de solo e clima, são raros os trabalhos que consideram a perda de N pela parte aérea das plantas como uma forma de saída do nutriente do sistema solo-planta.

## CONCLUSÕES

Ocorreram perdas de nitrogênio pela parte aérea das plantas de *Brachiaria decumbens* na fase de pós-antese (PA60) da ordem de 25% em relação à fase de antese (A60).

O déficit hídrico (PA20) minimizou as perdas de N pela parte aérea da forrageira durante a fase de pós-antese, sendo estas de apenas 11% em relação à referência (A60).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas concedidas.

## REFERÊNCIAS

- ASMAN, W.A.H. et al. Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. **New Phytologist**, New York, n.139, p.27-48, 1998.
- BOLOGNA, I.R. et al. Perdas de nitrogênio pela parte aérea de plantas de trigo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p.1106-1111, 2006.
- COSTA, M.A. **Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo**. 1983. 137f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- DAIGGER, L.A. et al. Nitrogen content of winter wheat during growth and maturation. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, p.815-818, 1976.
- FARQUHAR, G.D. et al. On the gaseous exchange of ammonia between leaves and the environment: Determination of the ammonia compensation point. **Plant Physiology**, Rockville, v.66, p.710-714, 1980.
- FRANCIS, D.D. et al. Post-anthesis nitrogen loss from corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.659-663, 1993.

- HARPER, L.A. et al. Nitrogen cycling in a wheat crop: Soil, plant and aerial nitrogen transport. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, p.965-973, 1987.
- HOLTAN-HARTWIG, L.; BOCKMAN, O.C. Ammonia exchange between crops and air. **Norwegian Journal of Agricultural Sciences**, Norwegian, Supplement 14, 41p, 1994.
- HOOKE, M.L. et al. Gaseous-N losses from winter-wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, p.789-792, 1980.
- HUSTED, S.; SCHJOERRING, J.K. Ammonia flux between oilseed rape plants and the atmosphere in response to changes in leaf temperature, light intensity, and humidity – interactions with leaf conductance and apoplastic  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{H}^+$  concentrations. **Plant Physiology**, Rockville, v.112, p.67-74, 1996.
- HUSTED, S. et al. Ammonia compensation points in two cultivars of *Hordeum vulgare* L. during vegetative and generative growth. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.19, p.1299-1306, 1996.
- LEA, P.J. The inhibition of ammonia assimilation: a mechanism of herbicide action. In: BAKER, N.R.; PERCIVAL, M.P. **Herbicides**. Amsterdam: Elsevier Science, 1991. V.10, cap.8, p.267-298.
- MAHERSWARI, M. et al. Ammonia metabolism in the leaves and ears of wheat (*Triticum aestivum* L.) during growth and development. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v.168, p.310-317, 1992.
- MATTSSON, M.; SCHJOERRING, J.K. Ammonia emission from young barley plants: influence of N source, light/dark cycles and inhibition of glutamine synthetase. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.47, p.477-484, 1996.
- MATTSSON, M. et al. Leaf-atmosphere  $\text{NH}_3$  exchange in barley mutants with reduced activities of glutamine synthetase. **Plant Physiology**, Rockville, v.114, p.1307-1312, 1997.
- MATTSSON, M. et al. Influence of nutrition and metabolism on ammonia volatilization in plants. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.51, p.35-40, 1998.
- MORGAN, J.A.; PARTON, W.J. Characteristics of ammonia from spring wheat. **Crop Science**, Madison, v.29, p.726-731, 1989.
- NG KEE KWONG, K.F.N.K.; DEVILLE, J. Application of  $^{15}\text{N}$ -labelled urea to sugar cane through a drip-irrigation system in Mauritius. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.39, p.223-228, 1994.
- OLIVEIRA, P.P.A. **Manejo da calagem e da fertilização nitrogenada na recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria* sp. em solos arenosos**. 2001. 110f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Curso de Pós-graduação em Ciências, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- PAPAKOSTA, D.K.; GAGIANAS, A.A. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. **Agronomy Journal**, Madison, v.83, p.864-870, 1991.
- PARTON, W.J. et al. Ammonia volatilization from spring wheat plants. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, p.419-425, 1988.
- PENATTI, C.P.; FORTI, J.A. Calcário e gesso em cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 6., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 1994. p.83-98.
- SCHJOERRING, J.K. et al. Nitrogen losses from field-grow spring barley plants as affected by rate of nitrogen application. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.116, p.167-175, 1989.
- SCHJOERRING, J.K. et al. Physiological parameters controlling plant-atmospheric ammonia exchange. **Atmospheric Environmental**, Oxford, v.32, p.491-498, 1998.
- SCHJOERRING, J.K.; MATTSSON, M. Quantification of ammonia exchange between agricultural an the atmosphere: Measurements over two complete growth cycles of oilseed rape, wheat, barley and pea. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.228, p.105-115, 2001.
- SILVA, P.R.F.; STUTTE, C.A. Nitrogen volatilization from rice leaves. II. Effects of source of applied nitrogen in nutrient culture solution. **Crop Science**, Madison, v.21, p.913-916, 1981.
- SIMPSON, R.J.; DALLING, M.J. Nitrogen redistribution during grain growth in wheat (*Triticum aestivum* L.). III. Enzymology and transport of amino acids from senescing flag leaves. **Planta**, New York, v.151, p.447-456, 1981.
- SMITH, T.L. et al. Nitrogen distribution in roots and tops of winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, p.1031-1036, 1983.
- SUTTON, M.A. et al. The exchange of ammonia between the atmosphere and plant communities. **Advances in Ecology Research**, London, n.24, p.301-393, 1993.
- TRIVELIN, P.C.O. **Utilização do nitrogênio pela cana-de-açúcar: três casos estudados com uso do traçador  $^{15}\text{N}$** . 2000. 143f. Tese (Livre-Docência) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- WATANABE, M. et al. **Changes in the activities of ammonia assimilation enzymes during senescence of *Brassica napus* leaf protoplasts**. In: ANDO, T. et al. (Eds.). INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM, 13., 1997, Tokyo. **Proceedings...** Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p.197-198.
- WETSELAAR, R.; FARQUHAR, G.D. Nitrogen losses from tops of plants. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.33, p.263-302, 1980.