

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**COLETORES DE AMÔNIA, FONTES E FORMAS DE APLICAÇÃO
DE NITROGÊNIO EM *Panicum maximum* CV. TANZÂNIA
SUBMETIDO A MANEJO INTENSIVO**

MARIANA CAMPANA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - área de concentração: Nutrição e Produção Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre.

BOTUCATU - SP
Dezembro - 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**COLETORES DE AMÔNIA, FONTES E FORMAS DE APLICAÇÃO
DE NITROGÊNIO EM *Panicum maximum* CV. TANZÂNIA
SUBMETIDO A MANEJO INTENSIVO**

MARIANA CAMPANA
Engenheira Agrônoma

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOZIVALDO PRUDÊNCIO GOMES DE MORAIS
CO-ORIENTADORA: Dra. PATRÍCIA PERONDI ANCHÃO DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia - área de
concentração: Nutrição e Produção Animal,
como parte das exigências para obtenção do
título de Mestre

BOTUCATU - SP
Dezembro – 2008

“Cultivar a terra e criar animais
são as mais nobres atividades
praticadas pelo homem.
Produzir proteína animal é
a arte de transformação
desta magia. Imagine, então,
quão nobre é o homem que
simultaneamente cultiva a terra,
cria os animais e ainda respeita
e protege seu semelhante e
o meio ambiente.
Saudemos nossos nobres
mágicos e artistas...
os Engenheiros Agrônomos.”

“Pensamentos tornam-se ações, ações tornam-se hábitos, hábitos tornam-se caráter, e nosso
caráter torna-se nosso destino” *James Hunter*

Dedico

à Maria Teresa, minha querida mãe,
que sempre foi um exemplo
de determinação, força e garra.
Com seu caráter e exemplo de
vida me mostrou que tudo o
que é importante deve ser
conquistado com muito esforço
e trabalho e que felicidade e
realização pessoal são conseqüências.

Ofereço

Ao Tio João, à Tia Marlene e à Tia Neusinha
que sempre acreditaram que eu poderia e
conseguiria realizar meus sonhos.

Agradecimentos

Com todo carinho agradeço:

À Deus, por me guiar, orientar e iluminar sempre meu caminho.

Ao amigo e orientador, Prof. Dr Jozivaldo Prudêncio Gomes de Moraes, pela confiança e ensinamentos dispensados, que contribuíram e contribuem para meu crescimento pessoal e profissional.

À Dra. Patrícia Perondi Anchão de Oliveira por ter aceitado me co-orientar e por todos ensinamentos passados.

Ao Dr Alberto Carlos de Campos Bernardi por ter me auxiliado no quesito zeólita e tantos outros, bem como a atenção dispensada ao longo deste trabalho.

À Prof. Dra. Luciana Thie Seki Dias, ou simplesmente Tia Lú, pela amizade, carinho, compreensão e altas dicas despendidas comigo.

Ao Diego, pela paciência e compreensão, principalmente na etapa final do experimento e elaboração da dissertação. Muito obrigada por toda ajuda dispensada e pela ótima companhia. Os momentos passados juntos sempre serão lembrados com carinho!

À Embrapa Pecuária Sudeste, pela área cedida para realização deste trabalho, bem como por ter cedido os préstimos indispensáveis de vários funcionários.

Ao querido Natal por ter dividido seu laboratório e pela companhia sempre alegre e divertida.

A equipe da SWAT, composta por Amadeu, Jorge, Luís, Mineiro, Trimidi, Xandinho e Zé pelas alegres e divertidas coletas de campo.

À Lícia Elisa Mazon Bertolote por ter sido companhia desde a época de iniciação científica na graduação e pelos auxílios prestados durante o mestrado. Foram várias “barcas furadas” juntas, não é?

Aos estagiários que passaram pela Embrapa e que de alguma forma auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho. Em especial a Lucas Reis, que sempre passava as férias colaborando neste projeto.

Às amigas que dividiram várias das casas que morei ou passei durante o mestrado: Marvada, Jacklane, Lícia, Sarah, Fabiana, Fabi, Stefânia, Sakura e Kandinha. Muito obrigada pelos bons momentos e pelas risadas.

Ao amigo Leitão que me auxiliou no momento preciso.

Aos amigos Getapistas que sempre estão presentes de alguma forma em tudo o que faço.

À minha família, em especial aos meus pais, pelo suporte e exemplo de determinação e garra e as minhas irmãs, Jú e Flá, pelo carinho.

Às amigas Kutia, Sarah, Tilápia e aos amigos Big (*in memoriam*) e Getupa que sempre acreditaram no meu trabalho e nas minhas metas e de alguma forma sempre estão me ajudando.

À equipe Nutricorp, que hoje é parte do meu dia a dia.

Aos colegas de curso, especialmente ao Rogério Fonseca, pela companhia agradável e momentos de descontração.

Aos funcionários da pós-graduação, Seila e Danilo.

Ao Prof. Dr. Chiquinho, Dr. Alfredo e Dr. Fábio pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao CNPq pela bolsa de estudos cedida nos últimos meses de mestrado. Tardou mas não falhou!

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho, e que por ventura, não intencionalmente tenham sido omitidos os devidos agradecimentos, minha sincera gratidão.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	8
1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Dinâmica do nitrogênio: solo e planta	11
1.2. Coletores para quantificação de amônia volatilizada.....	17
1.3. Fontes de nitrogênio utilizadas para adubação.....	19
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
CAPÍTULO 2. COLETORES DE AMÔNIA E MENSURAÇÃO DAS PERDAS POR VOLATILIZAÇÃO UTILIZANDO FONTES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO	33
Resumo.....	34
Abstract.....	35
Introdução.....	36
Material e Métodos.....	37
Resultados e Discussão.....	40
Conclusões.....	50
Literatura Citada.....	50
CAPÍTULO 3. PRODUÇÃO E QUALIDADE DE CAPIM TANZANIA EM SISTEMA INTENSIVO SUBMETIDO A FONTES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO	52
Resumo.....	53
Abstract	54
Introdução	55
Material e Métodos.....	56
Resultados e Discussão	59
Conclusões	68
Literatura Citada.....	68
CAPÍTULO 4. IMPLICAÇÕES.....	72
ANEXOS	75

CAPÍTULO 1.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

A quantidade e qualidade da massa de forragem disponível para os animais é resultado de vários fatores, dentre eles, clima, nutrientes no solo disponíveis para a planta e manejo tanto da adubação como da pastagem. Esses fatores atuam sobre processos de formação e desenvolvimento das folhas que são fundamentais para crescimento vegetal e para realização da fotossíntese e, conseqüentemente, para produção de massa. Esses processos podem ser mais eficientes com o uso de fertilizantes, sobretudo o nitrogenado (Duru e Ducrocq, 2000).

O nitrogênio é um dos elementos mais exigidos pelas plantas forrageiras e quando utilizado na adubação de pastagens, podem ser registradas produções superiores a 50 t matéria seca/ha/ano (Herling et al., 2000). Este potencial de produtividade pode ser limitado pela baixa disponibilidade do nutriente no tecido da planta (Oliveira et al., 2005) e implica em menor capacidade de suporte e ganho de peso animal (Rocha et al., 2002). Com incremento das doses de nitrogênio aplicadas nas pastagens observa-se aumento nos teores de proteína bruta da forragem (Oliveira et al., 2005). Justifica-se então, o uso de fertilização nitrogenada sendo imprescindível o conhecimento do processo de utilização de nitrogênio pela planta para o correto uso dessa prática que pode afetar a produção e qualidade das pastagens. Entretanto, sistemas historicamente manejados e adubados intensivamente têm apresentado alterações na resposta da planta ao estímulo do nitrogênio aplicado. Têm-se observado efeito residual de adubações anteriores influenciando produção e qualidade da forrageira (Reid, 1984 citado por Whitehead, 1995). A grande quantidade de matéria orgânica formada nesses sistemas também influencia o desenvolvimento e crescimento da pastagem. Através do processo de mineralização, microrganismos disponibilizam o nitrogênio da matéria-orgânica para o solo, permitindo a utilização do mesmo pela planta. Se fosse possível de forma prática mensurar a quantidade exata de nitrogênio disponibilizado através do processo de mineralização, essa quantia poderia ser reduzida da dose total de adubo nitrogenado a ser aplicado na cultura.

Em sistemas de exploração intensiva de pastagens existe alta extração de nutrientes. Em experimento conduzido em pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, apenas a parte aérea da planta extraiu aproximadamente 326 kg de N/ha/ano sendo observadas baixas perdas por lixiviação, pois solo e planta retiveram o fertilizante (Oliveira e Corsi, 2001).

Dentre as fontes nitrogenadas existentes para a fertilização de pastagens a uréia é a mais usada, devido ao seu menor custo em relação às demais. Entretanto, esse fertilizante pode apresentar perdas consideráveis conforme o manejo de adubação empregado (Trivelin, 1998). Sabe-se que alguns fatores podem influenciar a eficiência da utilização do nitrogênio oriundo da uréia pela planta, tais como: aplicação do fertilizante associado com sais orgânicos diminuindo a volatilização; aumento do pH do solo como consequência da hidrólise da uréia pode facilitar as perdas de nitrogênio; solos com baixa capacidade de troca catiônica (CTC) possuem menor poder de retenção do íon amônio, o que diminui a permanência do mesmo na forma trocável e aumenta taxa de volatilização; aumento da temperatura favorece as perdas; teor de água no solo e taxa de evaporação, presença de resíduos orgânicos e atividade da enzima urease estimulam perdas por volatilização (Sengik, 1993).

O desenvolvimento de alternativas que reduzam as perdas e maximizem o uso de fertilizantes nitrogenados torna-se imprescindível para melhor aproveitamento do nutriente pela planta e, com isso, maior rendimento da mesma. Nos trópicos as maiores perdas oriundas da adubação nitrogenada são as emissões gasosas (volatilização) (Oliveira, 2001). A mensuração dessas perdas é fundamental para a compreensão das interações solo-fertilizante-planta, visto que grande parte da ineficiência no uso dos fertilizantes nitrogenados está diretamente relacionada com esse tipo de perda (Alves, 2006).

Para Cabezas (1998) os estudos com adubação nitrogenada devem ser direcionados sob duas óticas:

- pesquisas a curto prazo, que devem priorizar a tecnologia da aplicação, definindo, o que, quanto e a forma de aplicação do adubo. Devem considerar também as características climáticas próprias de cada região;

- experimentos a serem desenvolvidos a médio e longo prazo, onde devem ser monitoradas e consorciadas todas as tarefas relativas a adubação.

Nesse sentido, pesquisas que abordem o uso de fertilizantes nitrogenados visando redução de perdas de N desde o momento de sua aplicação até a utilização pela planta, além da mensuração dessas perdas têm grande relevância, pois em casos onde a prática de intensificação das pastagens é adotada esse nutriente é utilizado em grande quantidade e possui custo relativamente elevado.

1.1. Dinâmica do nitrogênio: solo e planta

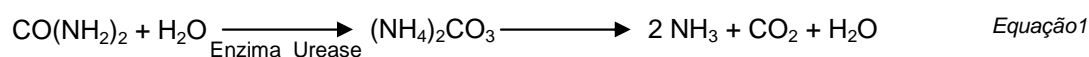
A maioria dos tecidos das plantas contém de 1 a 5% de nitrogênio (N) no peso seco (Whitehead, 1995), sendo que para avaliação do estado nutricional das plantas de capim-colonião (*Panicum*), considera-se como teor adequado a faixa entre 15 a 25 g N/kg de matéria seca (Werner et al., 1996). Por ser elemento essencial para formação de proteínas, ácidos nucleicos e clorofila, a quantidade de N disponível na planta é fator limitante da taxa de crescimento da forrageira. A concentração de N nos tecidos da planta tende a diminuir com o desenvolvimento da mesma, aumentando quantidade de parede celular e diminuindo conteúdo citoplasmático. O nitrogênio é o nutriente que promove maior aumento na produção de matéria seca nas pastagens, porém a resposta das plantas é bem variada, dependendo do manejo adotado na propriedade e clima da região. O nitrogênio ocupa cerca de 80% do volume total da atmosfera e é encontrado na forma de gás N₂. Todavia, essa é uma forma quimicamente inerte e por isso indisponível para as forrageiras. Na camada agricultável do solo, o N encontra-se principalmente na forma orgânica, presente na biomassa, resíduos vegetais e animais e substâncias húmicas (Lopes, 2007), e 5% do N presente no solo está na forma mineral: amônio, nitrato e nitrito (Guimarães, 2006).

Na biomassa e resíduos o N faz parte da composição das paredes celulares, proteínas, aminoácidos e ácidos nucleicos. Devido a complexação do N com a matéria orgânica do solo, a disponibilidade desse nutriente é baixa (Camargo et al., 1997) e aproximadamente 1/3 do N pode estar na forma de complexos protéicos com colóides do solo (Moniz et al., 1988). Nas substâncias húmicas o N encontra-se na forma complexada. Este tipo de

composto perdura inerte por um longo período no solo, oferecendo resistência a mineralização devido à formação de compostos nitrogenados combinados com complexos de fenóis ou polifenóis que são dificilmente degradados, ocorrendo também a adsorção de substratos e enzimas ao colóide de argila. Assim, a associação dos materiais húmicos com argila protege o N do ataque de microrganismos (Stevenson, 1986) retardando a mineralização do N em solos argilosos.

As proteínas oriundas da liberação pós-morte do conteúdo celular da biomassa microbiana, vegetal ou animal são a principal fonte de N-orgânico existente no solo (Lopes, 2007). O processo de decomposição do material é realizado em várias etapas. O primeiro passo é a proteólise, ou seja, a degradação enzimática das proteínas por meio de proteases ou proteinases que podem ser produzidas por bactérias e fungos. A enzima quebra a cadeia protéica em peptídeos curtos onde, por meio das peptidases, são transformados em aminoácidos. Estes quando liberados durante a proteólise são desaminados para liberação do grupo N-NH₂ e de N-NH₃ através de rotas metabólicas com produção final de CO₂ e NH₃ (Moreira e Siqueira, 2002). Após a autólise celular os ácidos nucléicos (DNA e RNA) são incorporados ao solo e degradam rapidamente por meio de enzimas genericamente conhecidas por nucleases (Ladd e Jackson, 1982) que atuam extracelularmente e têm por produto final a geração de bases nitrogenadas (mononucleotídeos e mononucleosídios) que podem ser assimiladas pelos microrganismos e metabolizadas até uréia e CO₂.

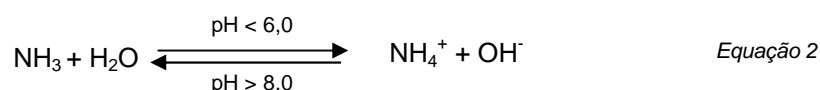
Portanto, a uréia é produzida através da destruição das bases nitrogenadas oriunda da decomposição dos ácidos nucléicos. Contudo, sua molécula também pode ser sintetizada artificialmente na indústria e utilizada na agricultura como fertilizante nitrogenado. Quando aplicada no solo é rapidamente hidrolisada e produz carbonato de amônio, uma molécula instável que em condições adversas de temperatura e umidade libera todo N na forma de NH₃ (Equação 1) (Cantarella, 2007).



Os colóides do solo quando incorporados a uréia tendem a aumentar o pH devido ao consumo de prótons (H⁺) para produção de amônio (Santos et al., 2007). Durante o

processo de mineralização da uréia o solo próximo ao grânulo pode atingir valores de pH superiores a 8,0. Porém, solos a pequenas distâncias podem estar neutros ou até mesmo ácidos.

Em condições alcalinas é produzido o gás amônia, que é facilmente volatilizado (Nömmik e Nilsson, 1963). A dependência desse processo está relacionado com equilíbrio químico da amônia (NH_3) e do amônio (NH_4^+) que é dependente do pH do solo (Equação 2, Figura 1). Com a liberação de amônia no solo e sua posterior oxidação pelo processo de desnitrificação ocorre a produção de ácidos que atenuam os níveis de alcalinidade inicial que existem durante a decomposição da uréia e, assim, os elevados valores de pH tendem a se reverter.



O termo mineralização ou amonificação é a conversão do N na forma orgânica para a forma inorgânica. Sendo assim, denomina-se taxa de mineralização a velocidade com que o N é convertido a amônio e/ou nitrato. O primeiro produto desta transformação no solo é a formação do amônio (NH_4^+) – Figura 1. Depois disso o amônio é oxidado a nitrato e então o N fica disponível para absorção radicular. Em ambientes onde os resíduos culturais têm alto níveis de N a taxa de mineralização pode variar de 1,0 a 20 mg de N/dm³ solo/dia. Essa taxa contabiliza apenas a liberação bruta de N inorgânico não podendo ser utilizado para avaliar a quantidade de N no solo. Os principais fatores edafoclimáticos que controlam o processo de mineralização são temperatura e umidade (Campbell et al., 1994).

O ideal para o crescimento das plantas e microrganismos é maior disponibilidade do N inorgânico disponível no solo. Dessa forma, a quantidade total líquida de N inorgânico produzida a partir de um substrato de N orgânico é resultado do balanço existente entre os processos de mineralização e os de remoção de N do solo. Em condições naturais, entrada e saída de N no sistema se equilibram e é mantido um fluxo constante e adequado de N no solo. Solos agrícolas explorados exaustivamente e áreas devastadas apresentam valores negativos para o balanço de N inorgânico, sendo necessárias adubações nitrogenadas para compensação.

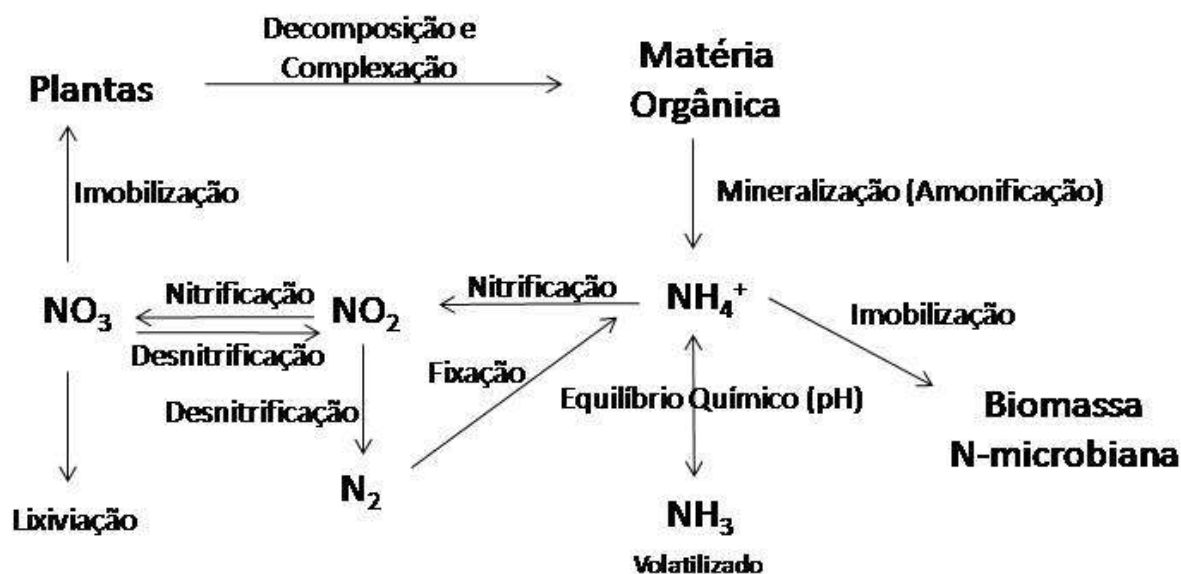


Figura 1. Ciclo do Nitrogênio (Adaptado de Martinelli, 2007).

Devido às perdas de N por volatilização e lixiviação após a aplicação de uma fonte externa de N no solo, o balanço de N inorgânico fica dependente da assimilação ou imobilização de N, que é realizada pela microbiota mista do solo. Esses microrganismos possuem demanda fixa de C:N sendo considerada a relação crítica na ordem de vinte a trinta de carbono para um de nitrogênio (Moreira e Siqueira, 2002) ocorrendo imobilização líquida abaixo e mineralização líquida acima dessa faixa (Alexander, 1977).

O processo de nitrificação pode ser definido como formação biológica de nitrato ou nitrito a partir de compostos que contenham N na forma amoniacal (NH_4^+) – Figura 1. Este processo é de extrema importância para as plantas, pois o nitrato é a principal forma assimilada de N por elas. As bactérias que realizam o processo de nitrificação são aeróbias e podem ser divididas em 2 grupos. O principal gênero representante do grupo que oxida NH_4^+ a NO_2^- é o *Nitrossomonas* e o gênero *Nitrobacter* oxida NO_2^- a NO_3^- (Peoples et al., 1995). No processo inicial de nitrificação, devido à liberação de íons H^+ o solo próximo ao local da reação pode tornar-se ácido. Na segunda etapa da seqüência de reações com a hidratação do nitrito, o íon H^+ é removido. Normalmente o NO_2^- não se acumula no solo. Entretanto, tal fato pode ocorrer se houver o consorciamento de alta alcalinidade do solo e altos teores de amônio.

Os fatores ambientais que afetam o processo de nitrificação são:

a) Acidez:

- correlação positiva com produção de NO_3^- ;
- pH ótimo para os agentes nitrificantes (6,6 a 8,0);
- taxa de nitrificação diminui com $\text{pH} < 6,0$ e não ocorre em $\text{pH} < 5,0$;
- microrganismos nitrificantes são sensíveis a acidez, por isso, o processo é acentuado após a calagem.

b) Aeração:

- o oxigênio é substância obrigatória para espécies aeróbias, portanto, teor de umidade e estrutura do solo afetam diretamente o processo de nitrificação.

c) Umidade:

- ideal de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ da capacidade de água disponível (CAD) do solo;
- solos com alta umidade têm a aeração afetada;
- solos com baixa umidade o processo é retardado.

d) Temperatura:

- ocorre entre 4 a 45°C;
- ótima para o gênero *Nitrossomas* (35°C) e *Nitrobacter* (35-45°C) – Moreira e Siqueira (2002);
- o processo é reduzido em baixas temperaturas;

O nitrogênio presente no solo normalmente se encontra na forma de nitrato (NO_3^-) e/ou amônio (NH_4^+) e estes ocorrem no solo como resultado da decomposição de resíduos vegetais e animais, de excretas animais (urina e fezes) e da matéria orgânica. Também podem estar presentes no solo devido à utilização de fertilizantes químicos. Esses 2 íons diferem entre si quanto as reações ocorridas no solo e também quanto ao mecanismo de absorção pelas raízes.

O ânion nitrato não é absorvido pelos colóides do solo ficando disponível na solução do mesmo e de fácil acesso as raízes das forrageiras. Porém, o que pode ser uma vantagem para absorção de N pela planta, é uma forma fácil de perda de N para o solo, pois o nitrato fica susceptível aos processos de lixiviação e desnitrificação. O cátion amônio fica retido nos colóides do solo, portanto, possui menor mobilidade permanecendo menos acessível às

raízes das plantas e possui menores perdas quando comparado ao ânion nitrato. O amônio é absorvido pelas plantas quando os microorganismos do solo o convertem para nitrato através do processo de nitrificação (Whitehead, 1995).

A quantidade de nitrato absorvida normalmente é maior que a de amônio, pois através das bactérias presentes no solo o amônio é convertido a nitrato através do processo de nitrificação. Em solos extremamente ácidos e em baixas temperaturas este processo acontece de forma lenta (Whitehead, 1995), por isso grande parte do N absorvido pelas plantas nessas condições é na forma de amônio.

Pelo exposto, grande parte da absorção de N pelas plantas dá-se na raiz. Contudo, cerca de 5% da absorção total de N pode ocorrer através das folhas, que absorvem gases de amônia e dióxido de N (Whitehead, 1995). Por absorção radicular o nitrato é translocado para o interior da célula através de transporte ativo e, assim, levado ao citoplasma onde é assimilado e incorporado a substâncias orgânicas ou então armazenado no interior do vacúolo (Bredemeier e Mundstock, 2000). Logo após a absorção pelas raízes parte é translocada para os brotos e outra parte é transformada em aminoácidos e aminas e depois distribuída pela planta (Whitehead, 1995). Plantas podem armazenar altos níveis de nitrato ou transportá-lo entre órgãos sem causar prejuízos a si mesmas. Entretanto, altos níveis de amônio causam danos à membrana celular e são extremamente tóxicos (Santos, 2004). Assim, todo amônio absorvido ou gerado é rapidamente convertido a aminoácidos e aminas e/ou armazenado no vacúolo das células para depois ser transportado pela planta.

Na absorção aérea de nitrogênio as folhas das forrageiras conseguem captar os gases de amônia presentes na atmosfera. Esse tipo de captação só é estimulado quando a quantidade de N disponível nas raízes é inferior ao ponto considerado ótimo. Normalmente a concentração de amônia que ocorre na atmosfera é abaixo do ponto de compensação da planta, ocorrendo assim, emissão de amônia pelas folhas (Whitehead, 1995). Quando ocorre volatilização do fertilizante nitrogenado aplicado, promovendo maior concentração de amônia na atmosfera do que na planta, a mesma passa a absorver a amônia da atmosfera através da parte aérea (Mattsson e Schjoerring, 1996). Isso não significa que sempre que a pastagem receber N via adubação vai ocorrer captação de amônia através da folhagem, pois em experimento onde mediu-se a emissão de amônia pelas folhas de pastagem de capim

braquiária cv Marandu após adubação nitrogenada com uréia, observou-se perdas via foliar de 4,7% da dose total de N aplicada (Oliveira et al., 2008). A concentração de nitrogênio nos estômatos reflete o balanço entre a produção de amônia pelos tecidos das plantas (fotorespiração e proteólise) e de reações (síntese de aminoácidos e proteínas) (Whitehead, 1995). Sendo assim, as plantas podem utilizar o nitrogênio oriundo de absorção radicular, aérea ou utilizar nitrogênio endógeno. Este é armazenado quando C e N são remobilizados de um tecido e utilizados por outro para processos de crescimento, desenvolvimento e manutenção da planta. Existem 2 formas de armazenamento (Santos, 2004):

- reciclagem: renovação de tecidos, como por exemplo, reciclagem de proteínas durante a senescência das folhas;
- formação de reservas: deposição de C ou N em organelas (vacúolos ou amiloplastos).

1.2. Coletores para quantificação de amônia volatilizada

Perdas gasosas são o principal fator de ineficiência no uso de fertilizantes nitrogenados nos trópicos, pois o N que poderia ser absorvido e assimilado pelas plantas é perdido na forma de amônia e óxidos nitrosos para a atmosfera. Esse tipo de perda pode chegar até 80% do adubo aplicado (Cabezas et al., 1997), ou seja, em casos extremos (desfavoráveis a absorção e favoráveis a volatilização) a planta consegue captar apenas 20% do fertilizante nitrogenado aplicado. Dessa forma, a baixa disponibilidade de N para a forragem pode implicar em menor produção e qualidade e, conseqüentemente, maior custo de produção. Sendo assim, essas perdas devem ser quantificadas e compreendidas visando melhorar o aproveitamento da adubação. Porém, os métodos existentes para estimativa de perdas por volatilização são de custo elevado e/ou modificam as condições ambientais próximas a superfície do solo, gerando microclima diferente da realidade contextual do local (Alves, 2006).

Os métodos existentes na literatura para determinação da volatilização de amônia do solo oriunda de adubos nitrogenados podem ser classificados em diretos e indiretos

(Cabezas e Trivelin, 1990). Os métodos diretos podem ser micrometeorológicos ou sistemas coletores do tipo fechado-estático, fechado-dinâmico e semi-aberto estático. Apresentam como limitação a modificação das condições ambientais no local onde estão instalados e em alguns casos, a necessidade de aplicação de equações de calibração. É possível subestimar até em 30% as perdas de amônia volatilizada ocorridas em sistema dinâmico fechado quando o mesmo é instalado a campo (McGarity e Rajaratman, 1993, citados por Cabezas e Trivelin, 1990). O método indireto pode ser exemplificado pelo balanço isotópico de ^{15}N , que permite quantificar o processo de volatilização de amônia sem influenciar o meio ambiente ao redor. Porém, por utilizar-se de N marcado, torna-se um processo de alto custo e restrito a instituições que trabalhem com esse tipo de tecnologia.

Com o objetivo de desenvolver novos coletores de amônia com menor custo de aquisição e interferência no local de implantação, Alves (2006) testou em casa de vegetação diferentes coletores e distâncias, entre coletor e superfície do solo, para quantificar a volatilização de amônia oriunda de adubação nitrogenada no solo. O coletor de espuma com politetrafluoroetileno instalado a 1 cm de altura da superfície do solo, sem a necessidade posterior de equações para calibração, apresentou resultados tão satisfatórios quanto o coletor semi-aberto depois de aplicadas as fórmulas de calibração – método de mensuração tradicionalmente utilizado - e o método do balanço de ^{15}N – método utilizado para real quantificação das perdas e para calibração dos demais coletores. Este estudo teve desempenho promissor em casa de vegetação. Devido aos resultados obtidos, pode ser realizada uma próxima fase experimental, havendo necessidade de testá-lo em condições de campo, por se tratar de um equipamento de menor custo e de menor efeito de microclima.

Portanto, precisa-se de novas pesquisas que busquem não apenas o desenvolvimento de novos coletores para mensuração da volatilização de amônia, mas também que testem e validem sua aplicabilidade quando implantados a campo.

1.3. Fontes de nitrogênio utilizadas para adubação

A grande discrepância observada na literatura quanto à resposta das forrageiras submetidas a adubações nitrogenadas pode estar relacionada com: relação do N com outros nutrientes, disponibilidade de outros elementos, efeito residual de adubações anteriores, manejo adotado para a pastagem, taxa de lotação utilizada, dose, fonte e forma de aplicação do adubo nitrogenado, características edafoclimáticas do local, suprimento de água fornecido à pastagem, dentre outros.

A divergência de dados na literatura impele muitos extensionistas a recomendarem elevadas doses empiricamente, buscando aumento da produtividade das pastagens. Entretanto, o uso indiscriminado de N pode aumentar o custo de produção, causar danos ambientais (acidificando o solo, liberando gases do efeito estufa e causando eutrofização de lagoas) e as pessoas (contaminação de recursos hídricos por nitrato) (Santos, 2004).

Os fertilizantes nitrogenados utilizados para adubação de pastagens apresentam-se nas seguintes formas: amoniacal (sulfato de amônio), nítrica (nitrato de sódio), nítrico-amoniacal (nitrato de amônio e nitro-cálcio) e amídica (uréia). As principais fontes nitrogenadas utilizadas em adubação de pastagens são: uréia (44-45% de N), sulfato de amônio (20-21% de N) e nitrato de amônio (32-33% de N) (Coelho et al., 2004). O nitrato e o sulfato de amônio têm menores perdas por volatilização que a uréia, porém, apresentam também maior custo. Uma vantagem do sulfato de amônio sobre os outros dois fertilizantes mencionados é que possui aproximadamente 24% de enxofre na formulação. Isso pode permitir um aumento da resposta da planta ao fertilizante nitrogenado e, com isso, elevar a eficiência do uso do nitrogênio. Todavia, pode causar um sério problema, podendo acidificar mais o solo que a uréia ou nitrato de amônio. Existe a expectativa que ocorram maiores perdas quando se utiliza uréia. Entretanto, a produção de forragem não tem diferido significativamente entre pastagens adubadas com fontes nítricas, amoniacais ou amídicas, desde que haja aplicação adequada do fertilizante (Martha Júnior, 2004).

A aplicação de fontes amoniacais em solos alcalinos associados a altas temperaturas e baixa umidade de solo, condições de difícil ocorrência em pastagens, onde normalmente os

solos são ácidos, resultam em volatilização direta do amônio. Sendo assim, são necessários alguns cuidados quando se utiliza N amoniacal em solos alcalinos, visto que a reação de hidrólise tem tendência à alcalinidade. Para pastagens estabelecidas em solos ácidos ou levemente ácidos é preciso cuidados com a fonte de N escolhida para adubação e a forma de aplicação do mesmo. Se ocorrer utilização de nitrato de amônio com aplicação superficial as perdas por volatilização são menores que 5%. Entretanto, se a opção for sulfato de amônio aplicado a lanço essa perda pode duplicar (Primavesi et al., 2001). Geralmente perdas elevadas por volatilização de amônia ocorrem quando se utiliza uréia como fertilizante nitrogenado. Essas perdas se encontram na faixa de 10 a 20% do N aplicado. Todavia, em condições adversas a absorção e favoráveis a volatilização, a perda do fertilizante uréia pode chegar a 80% (Martha Júnior et al., 2004b).

As fontes nítricas quando aplicadas no solo através do uso de água de irrigação ou chuva hidrolisam rapidamente, liberando NO_3^- que é diretamente utilizado pela planta (Fassbender, 1986 citado por Coelho et al., 2004). Os nitratos são solúveis em água e não são adsorvidos às partículas do solo, o que os torna altamente móveis, podendo ocorrer perdas por lixiviação (Coelho et al., 2004).

A dinâmica do nitrogênio no solo varia de acordo com a fonte utilizada. Nas fontes amídicas e amoniacais o nitrogênio ocorrerá primeiramente no solo na forma de amônio, que pode ser retido nos colóides ou ser transformado a nitrato. (Coelho et al., 2004). A eficiência de cada fonte de N depende das interações biológicas existentes entre o fertilizante nitrogenado, tipo de solo, manejo de produção adotado na propriedade e relação custo/benefício de cada situação (Vitti et al., 1999).

Dentre as principais formas de perdas de fertilizantes nitrogenados nos solos tropicais a volatilização é certamente a principal. Esse processo consiste na transferência da amônia gasosa presente no solo para a atmosfera. Para tanto, necessita de amônia (NH_3) próxima a superfície e de amônio (NH_4^+) que é o precursor da amônia. Este é constantemente formado pela mineralização da matéria orgânica, decomposição de resíduos vegetais ou animais e hidrólise de fertilizantes amídicos e amoniacais.

A quantidade de amônia volatilizada depende de fatores inerentes ao clima, solo, manejo adotado na pastagem, fonte de N utilizado, forma de adubação, umidade do solo e

outros (Tabela 1). Entretanto, sabe-se que quanto maior a quantidade de N aplicado no solo, maior é a perda por volatilização de amônia (Primavesi et al., 2001). Para Martha Júnior et al. (2004) pastagens de gramíneas tropicais tem perdas significativas de N pela via gasosa, através dos processos de volatilização de amônia e desnitrificação.

Tabela 1. Principais efeitos de fatores de clima, solo e manejo do solo sobre as perdas por volatilização de amônia.

Variável	Efeito
CLIMA	
Temperatura	Aumentos na temperatura favorecem as perdas.
Chuvas	Diminuição das perdas com chuvas superiores a 10-20 mm até 3 dias após aplicação do fertilizante. Aumento das perdas com chuvas menores que 5 mm até 3 dias após aplicação do fertilizante. Chuvas antes da aplicação do fertilizante aumentam perdas quando elevam a umidade do solo para níveis próximos a capacidade de campo.
SOLO	
pH	Aumento nas perdas com pH elevados.
CTC	Diminuição de perdas com maior CTC.
Poder tampão	Diminuição de perdas com maior poder tampão.
Matéria Orgânica	Diminuição das perdas, pois maiores quantidades de matéria orgânica implicam em maior CTC. Entretanto, maior teor de matéria orgânica implica também em maior quantidade da enzima urease que aumenta perdas.
MANEJO DO SOLO/FERTILIZANTE	
Incorporação adubo	Diminuição das perdas.

Fonte: Adaptado de Martha Júnior et al. (2004).

Perdas de N por erosão (lixiviação) e por escoamento superficial são inferiores a 5 kg/ha de N (Martha Júnior et al., 2004). Apenas 5% do N lixiviado é perdido nas camadas com profundidade superior a 30 centímetros (Oliveira et al., 2003). Fatores como elevada precipitação pluviométrica associada a solos rasos, baixa CTC e manejo inadequado podem contribuir para grandes perdas de N por lixiviação. Em contrapartida, existe a possibilidade

de ocorrer absorção de N em até 163 centímetros de profundidade do solo (Bartholomew, 1971 citado por Martha Júnior et al., 2004) o que pode diminuir as perdas estimadas.

Uma forma de reduzir perdas é através do uso de fontes de nitrogênio menos susceptíveis a volatilização, tais como, nitrato de amônio, nitrato de cálcio e sulfato de amônio que, segundo Cantarella (1998) não estão sujeitas às perdas por volatilização de amônia em solos ácidos. Além disso, a diversificação das fontes nitrogenadas, forma de aplicação do fertilizante, uso de sistemas de irrigação e manejo da pastagem adotado na propriedade também podem influenciar na redução das perdas. Visando reduzir as perdas nitrogenadas das pastagens sugere-se que a dose máxima de nitrogênio a ser aplicada em uma única vez seja de 60 kg/ha de N (Martha Júnior et al., 2004).

No caso das formas amídicas, como a uréia, os compostos nitrogenados em contato com o solo são expostos à urease, que é uma enzima produzida por microrganismos do solo que catalizam a hidrólise da uréia. Em condições de pH elevado, ocorre formação de dióxido de carbono, amônia e água (Longo e Melo, 2005). A atividade da urease aumenta de acordo com a magnitude da população de microrganismos e teor de matéria orgânica existentes no solo (Tislade et al., 1985 citado por Andreucci, 2008).

A hidrólise da uréia devido a ação da urease pode ocorrer numa faixa de temperatura que varia de 2°C a 37°C (Cantarella e Marcelino, 2007). Essa reação acontece principalmente na superfície do solo e afeta negativamente a utilização desse fertilizante, pois após a hidrólise da uréia, a amônia formada também é quebrada, formando íons de bicarbonato e hidroxila, que elevam o pH. Nos locais de aplicação do fertilizante o pH pode atingir valores próximos a 10 (Nönmik e Nilsson, 1963). Em pH de valores altos, o NH_4^+ é convertido a NH_3^+ ou outras formas gasosas, ocasionando perdas por volatilização (Brady, 1989 citado por Costa et al., 2004). Em condições normais de pH o NH_4^+ pode permanecer nessa forma retido no solo ou ser convertido a NO_3^- pela atividade biológica do solo. O NO_3^- pode ser absorvido pelas plantas ou em condições adversas lixiviar.

Em adubação nitrogenada de pastagens, constatou-se perdas por volatilização de 19 a 30% quando se utilizou sulfato de amônio e perdas de 44 a 48% quando se utilizou uréia (Martha Junior, 1999). Foram registradas perdas gasosas de 15% quando a uréia foi incorporada e de 30 a 40% quando foi aplicada superficialmente ao solo (Oliveira, 2001).

Estima-se que a quantidade de nitrogênio perdida por volatilização após aplicação superficial de uréia sobre o solo pode alcançar valores até 78% da quantidade original fornecida (Cabezas et al., 1997). Desta forma, fica comprovada a eficiência da incorporação da uréia no solo, seja pela eficiência no uso do nitrogênio ou pelo aumento da produção de massa. Entretanto, essa prática possui limitações de uso, principalmente para forrageiras com hábito de crescimento cespitoso (Oliveira e Corsi, 2001). Vale ressaltar que as mensurações de perdas de nitrogênio por volatilização devem considerar a época do ano, forma de aplicação e fonte de nitrogênio utilizada, pois estas alteram diretamente os resultados obtidos.

As perdas nitrogenadas gasosas e as perdas provenientes da deficiente reciclagem de nitrogênio contido nos dejetos animais e resíduos vegetais mostram-se como as mais importantes no processo de perdas de nitrogênio em pastagens. Estudos sobre formas de manejo que minimizem essas perdas gasosas podem melhorar a eficiência do uso do nitrogênio (Oliveira e Corsi, 2001) e, com isso, diminuir custos advindos da adubação. Experimentos com diferentes fontes de nitrogênio também são uma alternativa para redução das perdas nitrogenadas.

Em experimento onde foram testados diferentes adubos nitrogenados em plantas forrageiras na Austrália, a uréia foi a fonte que teve menor recuperação do nutriente pela planta e, conseqüentemente, apresentou os menores incrementos na produção de forragem quando comparada com os outros adubos testados (Simpson, 1968 citado por Monteiro e Werner, 1997).

Costa et al. (2003) avaliando a volatilização de amônia em diferentes fontes nitrogenadas aplicadas em cana-de-açúcar colhida sem a despalha a fogo com a dose de 100 kg/ha de N, observaram maiores perdas por volatilização nos tratamentos que receberam uréia e uréia com sulfato de amônio (50% de cada), correspondendo, respectivamente, as perdas de 36 e 35% do nitrogênio originalmente aplicado. Nos tratamentos que receberam uran (solução com 32% de N) e resíduo líquido enriquecido com nitrogênio (5% de N) houve volatilização de 15 e 9%, respectivamente. Existiu correlação direta entre a quantidade de nitrogênio volatilizado e a produção obtida de cana de açúcar, ou seja, quanto maior a perda por volatilização, menor a produtividade da cultura. Outro ponto

perceptível é que as menores perdas foram obtidas quando utilizou-se tratamento onde o N estava dissolvido em soluções, tal fato provavelmente permitiu a incorporação do N na solução do solo, o que ocasionou menores perdas. Sendo assim, apesar da grande quantidade de trabalhos existentes na literatura sobre o assunto é necessário definir qual a dose e fonte de nitrogênio a ser utilizada para cada condição de pastagem, considerando a espécie a ser cultivada, clima, fertilidade do solo, manejo adotado na propriedade e estágio de degradação da mesma, visando sempre o equilíbrio entre viabilidade técnica e econômica.

Na tentativa de aumentar a produção de massa das plantas forrageiras os produtores têm aumentado as doses e frequência das adubações nitrogenadas. Elevadas doses de nitrogênio para adubação de pastagens geram a dúvida do impacto ambiental negativo devido ao grande potencial de perda por lixiviação na forma de NO_3^- (Mello et al., 1984 e Mello, 1987 citados por Primavesi et al., 2006). A utilização de doses empíricas e conseqüentemente a falta de parâmetros seguros consorciados com resultados adversos na literatura, corroboram para criação de fatores limitantes na definição de estratégias eficientes da adubação nitrogenada em sistemas intensivos (Santos et al., 2007).

Estudos com aditivos cujo objetivo é redução das perdas dos fertilizantes nitrogenados tem surgido recentemente. A zeólita é um mineral que vem sendo estudado como um desses aditivos (Alves et al., 2007; Bernardi et al., 2007). O desenvolvimento de produtos nitrogenados com a mistura do mineral zeólita poderá aumentar a eficiência de uso do nitrogênio pela planta em épocas adversas, como é o caso do veranico onde existe grandes perdas por volatilização (Santos et al., 2007).

Zeólitas são minerais do grupo argilosilicatos formadas por estruturas cristalinas tridimensionais rígidas compostas por tetraedros de AlO_4 e SiO_4 . Como o alumínio possui carga negativa e a zeólita o tem na sua estrutura na forma de tetraedros, existe a formação de um sistema de canais, cavidades e poros. Com a formação dessa estrutura, a carga negativa do Al se compensa com os cátions trocáveis do solo (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) e isso permite que o mineral zeólita tenha as seguintes capacidades: aumenta o grau de hidratação do solo, tem baixa densidade devido ao grande volume de vazio na sua estrutura, possui estabilidade na estrutura cristalina, aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC) do

solo, possui canais uniformes, tem a capacidade de capturar gases e vapores, possui propriedades catalíticas, entre outros. Pode-se destacar como três propriedades principais da zeólita: alta CTC, grande capacidade na retenção de água nos canais e habilidade em capturar íons. Tais características fornecem a zeólita a capacidade de promover melhorias na eficiência no uso de nutrientes através do aumento da disponibilidade de fósforo (P), melhor aproveitamento de N e diminuição das perdas por lixiviação de cátions trocáveis (Bernardi et al., 2004). Acredita-se que as perdas por volatilização sejam diminuídas, pois a zeólita apresenta alta porosidade e capacidade de troca catiônica e também auxilia na liberação lenta de nutrientes, facilitando adsorção no solo e aumentando a capacidade de retenção de água. Provavelmente o mineral zeólita aumenta a eficiência no uso de N através do controle de retenção e liberação de amônio. O princípio de ação da zeólita é a diminuição da concentração de amônio na solução do solo através da troca catiônica (Ferguson e Pepper, 1987).

A zeólita aumenta a eficiência no uso de N na ordem de 16 a 22% (Huang et al., 1995 citados por Junrungreang et al., 2002). Reduções na ordem de 86 a 99% nas perdas por lixiviação de nitrato já foram registradas em tratamentos que utilizaram zeólita quando comparados ao grupo controle (sem zeólita) (Huang e Petrovic, 1995 citados por Junrungreang et al., 2002). Em experimento realizado em vasos, observou-se que 180 gramas de zeólita (70% de clinoptilolita) é capaz de aumentar em torno de 130% a eficiência do uso e da extração de N e a produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens* (Crespo, 1989).

Em experimento com roseiras, onde foi adicionado o concentrado zeolítico houve aumento na eficiência agrônômica da uréia na adubação nitrogenada. Neste caso, provavelmente a zeólita diminuiu a taxa de hidrólise da uréia e/ou adsorveu o NH_4^+ , minimizando a volatilização de NH_3 . Outra possibilidade é que a zeólita tenha inibido a atividade dos microrganismos nitrificadores através da redução da disponibilidade de NH_4^+ como substrato no solo. Dessa forma, ocorreriam menores perdas por lixiviação de NO_3^- (Polidoro, 2007). O mesmo autor também adicionou o mineral a uréia e adubou plantas de alface com o objetivo de aumentar a eficiência agrônômica do nitrogênio na produtividade da cultura. Obteve com aplicação de 20% de zeólita do peso de uréia aplicada, redução de

até 80% nas perdas por volatilização quando comparado com o tratamento onde se aplicou uréia pura.

Outras formas de aumentar eficiência no uso do fertilizante nitrogenado incluem compostos com baixa solubilidade, produtos de liberação lenta devido a alguma substância de recobrimento e utilização de fertilizantes com inibidores do processo de nitrificação ou da enzima urease. Uma das alternativas para minimizar as perdas de amônia em pastagens é tentar inibir a ação da enzima urease, permitindo que a uréia se mantenha na forma estável até incorporação no solo por meio mecânico ou água (Cantarella, 2007).

Assim, com objetivo de retardar a hidrólise da uréia, diferentes compostos com potencial para atuarem como inibidores da urease têm sido avaliados (Contin, 2007). Com a diminuição da atividade da enzima, aumentam as probabilidades de que a água consiga incorporar a uréia no solo e com isso minimizar as perdas por volatilização. Os inibidores disponíveis no mercado através da utilização de reagentes estruturalmente análogos a uréia, inibem a ação da urease através da competição pelo sítio ativo da enzima. De acordo com Kolodziej e Martins (1992) citados por Contin (2007) os inibidores ocupam o local de ação da urease, inativando a enzima, retardando o início do processo de volatilização e reduzindo a velocidade da reação.

Dentre as substâncias com potencial para reduzir a ação da urease, um dos mais importantes inibidores disponíveis no mercado é o NBPT [N-(n-butil) triamida tiofosfórica] (Watson, 2000). De acordo com Agrotain (2001) citado por Scivittaro e Gomes (2006) esse aditivo protege a uréia aplicada em superfície da degradação e perdas por volatilização de amônia através da inibição da degradação enzimática da uréia, pela ação da urease, por um período de 10 a 14 dias.

Pastagens altamente adubadas e manejadas intensivamente durante muitos anos têm apresentado efeito residual de nitrogênio no solo e nas estruturas de reserva das plantas demonstrando efeito residual de adubações nitrogenadas anteriores (Reid, 1984 citado por Whitehead, 1995). Nestes casos a influência do resíduo nitrogenado no solo e/ou planta pode alterar as respostas da forrageira. Nestes casos, é possível alcançar altas produtividades da pastagem mesmo sem adubações, reduzindo custo de produção. Quando o suprimento de N no solo excede os requerimentos para crescimento da planta, passa a

ocorrer armazenamento de nitrato nas folhas (Primavesi et al., 2001), refletindo em altos teores de PB. Entretanto, acúmulo de nitrato na parte aérea com teor entre 0,23 a 0,43% na matéria seca é tóxico aos animais (Whitehead, 1995).

Sendo assim, experimentos que avaliem diferentes fontes e formas de aplicação do nitrogênio para pastagens intensificadas bem como, o uso de aditivos possibilitarão identificar manejos de adubação que permitam menor volatilização do nitrogênio e provavelmente maior captação pela planta, com conseqüente aumento na produção de massa e, portanto, maior retorno financeiro ao produtor.

O Capítulo 2, denominado “Coletores de amônia e mensuração de perdas por volatilização utilizando fontes e formas de aplicação de nitrogênio” redigido dentro das normas para publicação na Revista Brasileira de Zootecnia (RBZ) teve por objetivo validar o uso no campo do coletor de espuma com ácido e politetrafluoroetileno que capta amônia volatilizada e quantificar essa perda oriunda de fontes e formas de aplicação de nitrogênio em pastagens.

O Capítulo 3, denominado “Produção e qualidade de capim-Tanzânia em sistema intensivo submetido a fontes e formas de aplicação de nitrogênio” redigido dentro das normas para publicação na Revista Brasileira de Zootecnia (RBZ) teve por objetivo determinar produção e qualidade do capim-Tanzânia submetido a formas de aplicação e a fontes de nitrogênio em pastagem manejada intensivamente.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, M.I.H. **Introduction to soil microbiology**. 4ed. New York: John Wiley, 1977.

ALVES, A.C. et al. **Adição de zeólita para redução da volatilização de amônia em solo fertilizado com uréia**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. (Circular Técnica, 55).

- ALVES, A.C. **Métodos para quantificar volatilização de N-NH₃ em solo fertilizado com uréia**. Pirassununga, 2006. 41p. Dissertação (mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
- ANDREUCCI, M.P. **Perdas nitrogenadas e recuperação aparente de nitrogênio em fontes de adubação de capim elefante**, 2008. 104p. Dissertação (mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.
- BERNARDI, A. C. C., PAIVA, P. R. P., MONTE, M. B. M. **Produção de matéria seca e teores de nitrogênio em milho para silagem adubado com uréia misturada a zeólita**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. (Comunicado Técnico, 77).
- BERNARDI, A.C.C. et al. **Avaliação agrônômica de substratos contendo zeólita enriquecida com nitrogênio, fósforo e potássio**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 57).
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação de nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p. 365-372, 2000.
- CABEZAS, W. A. R. L. Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de cerrado. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n.45, p.52-60, maio/jun.1998. Especial Cerrado.
- CABEZAS, W. A. R. L. et al. Volatilização de N-NH₃ na cultura do milho: II Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.3, p.489-496, 1997.
- CABEZAS, W. A. R. L.; TRIVELIN, P.C.O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH₃ volatilizado da uréia aplicada no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.14, p. 345-352. 1990.
- CAMARGO, F. A. O. et al. Tempo de hidrólise e concentração de ácido para fracionamento do nitrogênio orgânico do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.2, p.221-227, fev. 1997.
- CAMPBELL, C.A. et al. Evaluating potential nitrogen mineralization for predicting fertilizer nitrogen requirements of long-term field experiments. In: HAVLIN; J.L.; JACOBSON, J.S. (Ed.). **Soil testing: prospects for improving nutrient recommendations**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.81-100.
- CANTARELLA, H. Uso eficiente de nitrogênio em novos fertilizantes no Brasil. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.120, p. 12-13, dez. 2007.
- CANTARELLA, H. Adubação nitrogenada em sistema de cana crua. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.16, n.4, p.21-22, mar./abr.1998.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da uréia. In: SIMPÓSIO SOBRE INOVAÇÕES RECENTES PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 1., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPNI, 2007. 1CD-ROOM.

COELHO, E. F. et al. **Fontes e frequências de aplicação de nitrogênio via água de irrigação no mamoeiro.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2004. (Comunicado Técnico, 111).

CONTIN, T.L. **Uréia tratada com inibidor da urease NBPT na adubação de cana-de-açúcar colhida sem a despalha a fogo,** 2007. 72p. Dissertação (mestrado em agricultura tropical e subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas.

COSTA, A. C. S. et al. Perdas de nitrogênio por volatilização em três solos argilosos tratados com uréia. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.26, n.4, p.467-473, 2004.

COSTA, M.C.G. et al. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.631-637, jul/ago.2003.

CRESPO, G. Effect of zeolite on the efficiency of the N applied to *Brachiaria decumbens* in a red ferrallitic soil. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 23, p. 207-212, 1989.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on cocksfoot tiller. Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, London, v.85, p.635-643, 2000.

FERGUSON, G.; PEPPER, I. Ammonium retention in soils amended with clinoptilolite. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.51, p. 231-234, 1987.

GUIMARÃES, S. L. **Aplicação de inoculante turfoso com bactérias diazotróficas e molibdênio em cultivares de arroz adubadas com nitrogênio mineral.** Seropédica, 2006. 86p. Tese (doutorado em ciências) – Instituto de Agronomia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

HERLING, V.R. et al. Tobiata, Tanzânia e Mombaça. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000, p.21-64.

JUNRUNGREANG, S. et al. Effect of zeolite and chemical fertilizer on the change of physical and chemical properties on Lat Ya soil series for sugar cane. **WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE**, 2002, Bangkok.

LADD, J.N.; JACKSON, R.B. Biochemistry of ammonification. In: STEVENSON, F.J. (Ed.) **Nitrogen in agricultural soils.** Madison: ASA/SSSA, 1982. p.173-228.

LONGO, R.M.; MELO, W.J. Hidrólise da uréia em latossolos: efeito da concentração de uréia, temperatura, pH, armazenamento e tempo de incubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.4, p.651-657, jul./ago.2005.

LOPES, E.S. Fixação biológica do nitrogênio no sistema solo-planta. In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPNI-Brasil, 2007. p.43-72.

MARTHA JUNIOR, G.B. **Balanco de ^{15}N e perdas por volatilização de amônia em pastagens de capim-Elefante**. Piracicaba, 1999. 75f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

MARTHA JUNIOR, G.B. et al. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.155-215.

MARTHA JUNIOR, G.B. et al. Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. **Grass and Forage Science**, v.59, p.80-90, 2004 b.

MARTINELLI, L. A. Os caminhos do nitrogênio – do fertilizante ao poluente. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.118, p. 6-10, jun. 2007.

MATSSON, 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**, v.47, n.297, p.477-484, april 1996.

MONIZ, A.C. et al. (Ed.). **A responsabilidade social da Ciência do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1988. p. 365-378.

MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 14, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.55-84.

MOREIRA, F.M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626p.

NÖNMIK, H.; NILSSON, K.O. Fixation of ammonia by the organic fraction of the soil. **Acta Agriculture Scandinavia**, v.13, p.371-90, 1963.

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) – Centro de energia Nuclear na Agricultura, 2001.

OLIVEIRA, P. P. A. et al. Fertilização com N e S na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Goiânia, v. 34, n. 4, p. 1121-1129, 2005.

OLIVEIRA, P. P. A. et al. **Métodos para avaliar as perdas de nitrogênio por volatilização da superfície do solo e por emissão de amônia pela folhagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16).

OLIVEIRA, P.P.A. et al. Eficiência da fertilização nitrogenada com uréia (^{15}N) em *Brachiaria brizantha* cv Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.613-620, 2003.

OLIVEIRA, P.P.A.; CORSI, M. Eficiência da fertilização nitrogenada e sulfatada em pastagens. WORKSHOP SOBRE MANEJO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS E SULFATADOS NA AGRICULTURA, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. 36p. CD-ROM.

PEOPLES, M. B. et al. Minimizing gaseous losses of nitrogen. In: BACON, P. E. (Ed.). Nitrogen fertilization in the environment. 1995. p. 565-602.

POLIDORO, J.C. **Zeólita no aumento da eficiência do uso de nitrogênio da uréia.** Embrapa: Brasília, 2007. 12p. Relatório técnico anual – Convênio Embrapa/Petrobras.

PRIMAVESI, O. et al. Lixiviação de nitrato em pastagem de coastcross adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Goiânia, v.35, n.3, p.683-690, 2006.

PRIMAVESI, O.; CORREA, L.A.; PRIMAVESI, A.C. **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv Coast-cross sob manejo rotacionado:** eficiências e perdas. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. (Circular Técnica, 30).

ROCHA, P.G. et al. Adubação nitrogenada em gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.3, n.1, p.1-10, 2002.

SANTOS, P. M. et al. Uso de nitrogênio em pastagens: estratégias de aplicação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 24., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2007. p.131-152.

SANTOS, P.M. Aspectos fisiológicos e metabólicos da nutrição nitrogenada de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.139-154.

SCIVITTARO, W. B.; GOMES, A. S. Inovações tecnológicas no manejo do nitrogênio para o arroz irrigado. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. (Documentos, 170).

SENGIK, E. **Efeito de resíduos orgânicos e sais minerais na volatilização de amônia em solo tratado com uréia.** 1993. 134f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

STEVENSON, F.J. **Cycles of soil:** carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. New York: John Wiley & Sons, 1986. 380p.

TRIVELIN, P.C.O. **Avaliação do efeito de correção do solo e do manejo de adubação com P e K na eficiência da uréia como fonte de nitrogênio na recuperação de pastagens.** Piracicaba, 1998. 22p. Projeto apresentado à FAPESP para “Auxílio à pesquisa”.

VITTI, G.C. et al. **Manejo do nitrogênio em diversos sistemas de produção agrícola.** Piracicaba: Serrana/FEALQ/Gape, 1999. 38p.

WATSON, C.J. Urease activity and inhibition: principles and practice. London: The international Fertilizer Society Meeting, 2000. The international Fertilizer Society, Proceedings, n.454, 39p.

WERNER, J.C. et al. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** Campinas: IAC, 1996. (Boletim Técnico 100).

WHITHEAD, D.C. **Grassland nitrogen.** Wallingford: CAB International, 1995. 397p.

CAPÍTULO 2.
COLETORES DE AMÔNIA E MENSURAÇÃO DAS
PERDAS POR VOLATILIZAÇÃO UTILIZANDO FONTES E
FORMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO

COLETORES DE AMÔNIA E MENSURAÇÃO DE PERDAS POR VOLATILIZAÇÃO UTILIZANDO FONTES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO

Resumo

Com objetivo de validar o uso no campo do coletor de espuma com ácido e politetrafluoroetileno que capta amônia volatilizada e quantificar essa perda oriunda de fontes e formas de aplicação de nitrogênio (N) em pastagens, realizou-se 2 experimentos. No experimento 1, para avaliação do coletor, utilizou-se fatorial 2 x 2 - doses de N (50 e 100 kg/ha) e coletores de amônia (coletor semi-aberto e absorvedor de espuma com ácido e politetrafluoroetileno). O período experimental foi de 22 dias. No experimento 2 utilizou-se delineamento de blocos ao acaso e os tratamentos foram: uréia; Super N®; uréia + 12,5% de zeólita; uréia + 25% de zeólita; uréia + 50% de zeólita; uréia em pulverização foliar; 75% de uréia + 25% de sulfato de amônio; nitrato de amônio e sem N (testemunha). A avaliação das perdas por volatilização de amônia ocorreu em 3 épocas. No verão/07 e inverno/07 utilizou-se dose de 50 kg/ha de N para adubos sólidos e 15 kg/ha de N para pulverização foliar e para o verão/08 as doses foram duplicadas. As perdas diárias de amônia foram avaliadas em onze amostragens a cada dois dias para ambos os experimentos. Para o experimento 1, não houve diferença entre os coletores na perda acumulada e diária de amônia com a dose de 50 kg/ha de N. Entretanto, na dose de 100 kg/ha de N o coletor semi-aberto captou o maior pico de volatilização diária e maior acúmulo de amônia. No experimento 2 as menores perdas por volatilização foram detectadas para nitrato de amônio aplicado a lanço e uréia via pulverização foliar. Dessa forma poderia ocorrer melhor uso do fertilizante pela planta refletindo em aumento na produção e qualidade da forragem.

Palavras-chave: coletor, adubação nitrogenada, perdas nitrogenadas, doses, *Panicum*

AMMONIA COLLECTORS AND VOLATILIZATION LOSSES MENSURATION USING DIFFERENT NITROGEN SOURCES AND APPLICATION FORMS

Abstract

With the objective of validating the field use of the foam collector with acid and polytetrafluorethylene, which captures volatilized ammonia and quantify this loss when using sources and application forms of nitrogen (N) in pastures, 2 experiments were realized. In the experiment 1, to evaluate the collector a 2 x 2 factorial – N doses (50 and 100 kg/ha) and ammonia collectors (semi-open collector and foam absorber with acid and polytetrafluorethylene). The experimental period was 22 days. In the experiment 2, the experimental design was a randomized block design and the treatments were: urea; Super N®; urea + 12,5% of zeolite; urea + 25% of zeolite; urea + 50% of zeolite; urea leaf spraying, 75% of urea + 25% of ammonium sulfate, ammonium nitrate, and without nitrogen (control). The evaluation of the volatilization losses occurred in 3 periods. On summer/07 and winter/2007 a 50 kg/ha of N dose for solid fertilizers was used and a 15 kg/ha N dose for leaf spraying and on summer/2008 the doses were doubled. The daily losses of ammonia were evaluated in eleven samplings every two days for both experiments. In the experiment 1, there was no difference between the collectors in the accumulated and daily loss in the dose of 50kg/ha of N. However, with the dose of 100 kg/ha of N the semi-open collector showed the highest peak of daily volatilization and accumulated the highest volatilization loss. In the experiment 2, the lowest volatilization losses were detected for ammonium nitrate in soil application and urea in leaf spraying application. So, in this cases might happen the better use of the fertilizer by the plant, reflecting in the increase of the forage production and quality.

Keywords: collector, nitrogen fertilization, nitrogen losses, rate, *Panicum*

Introdução

Nos trópicos, perdas gasosas são o principal fator de ineficiência no uso de fertilizantes nitrogenados, pois ocorre liberação de amônia e óxidos nitrosos para a atmosfera. Essas perdas devem ser melhor compreendidas visando aumentar o aproveitamento da adubação. Porém, os métodos utilizados para estimativa de perdas por volatilização são de custo elevado ou modificam as condições ambientais próximas a superfície do solo, gerando microclima diferente da realidade contextual do local (Alves, 2006).

Em casa de vegetação, Alves (2006) testou diferentes coletores e distâncias, entre coletor e superfície do solo, para quantificar a volatilização de amônia oriunda de adubação nitrogenada no solo (dose de 100 kg/ha de N). O coletor de espuma com ácido e politetrafluoroetileno instalado a 1 cm de altura da superfície do solo, sem a necessidade posterior de equações para calibração, apresentou resultados tão satisfatórios quanto o coletor semi-aberto (depois de aplicadas as fórmulas de calibração) e o método do balanço ^{15}N , métodos tradicionais para esse tipo de avaliação. Este estudo teve resultados promissores em casa de vegetação, o que o qualifica para experimentos a campo por se tratar de um equipamento simples, de menor custo e efeito reduzido de microclima.

Entretanto, apenas a mensuração da quantidade de amônia volatilizada sem a interpretação conjunta com outros fatores como manejo de adubação e edafoclima local não geram resultados satisfatórios. É necessária a combinação de fontes e formas de aplicação do nitrogênio associada com a quantificação da amônia em diferentes épocas do ano, de forma a produzir dados que possam ser explorados cientificamente e que tenham aplicabilidade técnica a campo.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi validar no campo o uso do coletor de amônia volatilizada, denominado absorvedor de espuma com ácido e politetrafluoroetileno, bem como quantificar perdas por volatilização de amônia utilizando fontes e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado.

Material e Métodos

Experimento 1.

O experimento foi realizado em pastagem de *Panicum maximum* cv. tanzânia, sob sistema intensivo rotacionado e irrigado pertencente ao Sistema de Produção de Leite da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos/SP no período de 12/fevereiro/2007 a 05/março/2007.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, composto por quatro tratamentos organizados em estrutura fatorial, que consistiram na combinação entre doses de nitrogênio (50 e 100 kg/ha de N - utilizou-se uréia como fertilizante nitrogenado) e coletores de amônia (coletor semi-aberto estático – CSA, Figura 1, e absorvedor de espuma com ácido e politetrafluoroetileno – AE, Figura 2). O CSA foi usado por ser tradicionalmente utilizado em estudos com volatilização de amônia a campo e por possuir menor custo e estar mais facilmente disponível que a metodologia do balanço de ^{15}N . Cada tratamento teve cinco repetições, totalizando 20 parcelas de 2,0 x 5,0 m (10 m²).

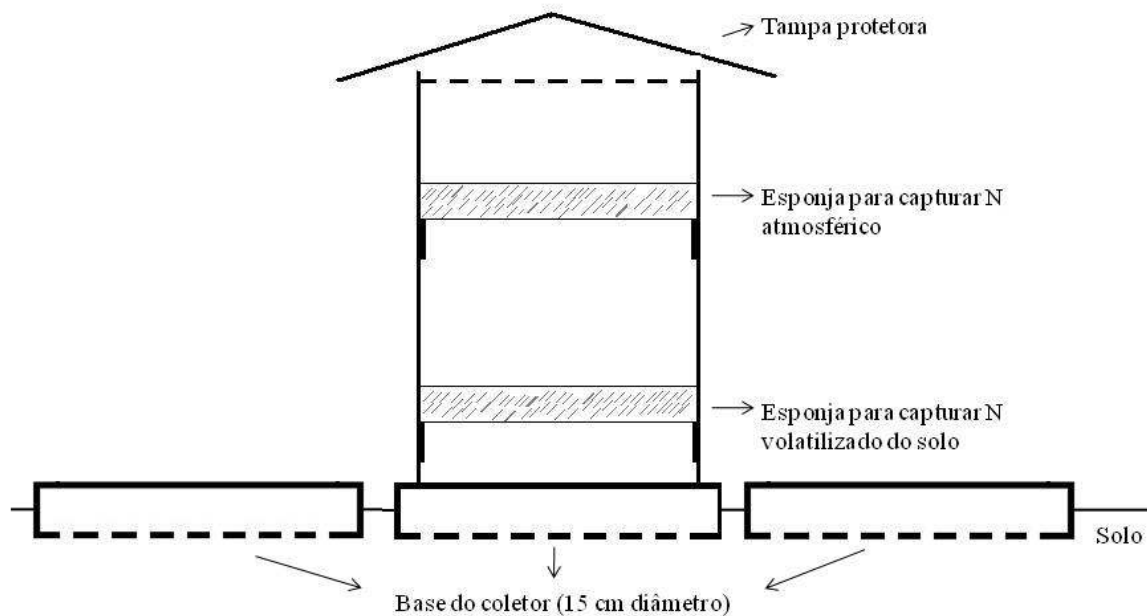


Figura 1. Esquema do coletor semi-aberto estático (CSA).



Figura 2. Esquema do absorvedor de espuma com ácido e politetrafluoroetileno (AE).

A adubação das parcelas foi feita a lanço depois da saída de animais (agentes desfolhantes) da área conforme cada tratamento. Para as parcelas que receberam o CSA a área conhecida e adubada foi a de cada base ($0,0177 \text{ m}^2$) - 3 bases por parcela. Para o AE foi demarcado dentro de cada parcela uma subárea nas dimensões do papel A4 ($21 \times 29,7 \text{ cm} = 0,06195 \text{ m}^2$), onde se colocou a quantidade exata de uréia correspondente a essa área. Neste espaço específico foram alocados os coletores (um para cada parcela). O CSA e o AE foram implantados nas parcelas imediatamente após a adubação.

O CSA utilizado foi o desenvolvido por Nönmik (1973), com adaptações e equações de calibração apresentadas por Cabezas et al. (1999). O AE utilizado foi desenvolvido por Alves (2006) que consiste em uma espuma nas dimensões de $8 \times 8 \times 2 \text{ cm}$ (densidade 20 kg.m^{-3}) que foram embebidas em 10 ml de ácido fosfórico (0,5 N) + 5% de glicerina (mesma solução utilizada nas esponjas do CSA). Em seguida cada espuma foi colocada sobre uma placa de PVC ($10 \times 10 \times 0,2 \text{ cm}$) e todo esse conjunto foi envolvido por uma camada de fita de politetrafluoroetileno (fita veda-rosca), que é permeável à amônia, mas impermeável à água. Os AE depois de prontos foram armazenados em sacos plásticos lacrados, até o momento da colocação no campo com o objetivo de evitar qualquer absorção de nitrogênio do ambiente. Os AE foram colocados a 1 cm da superfície do solo (dentro da subárea conhecida), apoiados em quatro hastes, com a placa de PVC voltada para cima, para evitar que a amônia presente acima do absorvedor fosse capturada.

A cada dois dias os AE e as esponjas dos CSA foram trocados, sendo realizadas onze amostragens no período de 22 dias. A cada troca de esponjas, o CSA era trocado de base para evitar a criação de microclima local que poderia influenciar na quantidade de amônia

volatilizada. Com o mesmo objetivo, o novo AE instalado era alocado dentro da área demarcada de papel A4, mas em local diferente do AE removido.

Para determinação do nitrogênio volatilizado e capturado, as espumas foram lavadas com água destilada (no caso dos AE, com 300 ml, e da esponja do CSA, com 400 ml) em funil de Büchner com placa porosa ligada a bomba de vácuo. Nas alíquotas retiradas (30 ml) e armazenadas sob refrigeração foi analisada a concentração de nitrogênio (N-amoniaco) por meio de aparelho de análise de injeção em fluxo (FIA).

Para comparação entre os resultados de volatilização de amônia diária e acumulada (mg por coletor), os resultados dos AE foram corrigidos para a dimensão da esponja do CSA (fator = 2,761165).

Experimento 2

O experimento foi realizado em pastagem de *Panicum maximum* cv. Tanzânia, sob sistema intensivo rotacionado e irrigado pertencente ao Sistema de Produção de Leite da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos/SP.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, composto por nove tratamentos que consistiram nas fontes e nas formas de aplicação de nitrogênio testadas e testemunha (sem nitrogênio). Para cada tratamento utilizaram-se quatro repetições, totalizando 36 parcelas de 10 m² cada. Os tratamentos utilizados foram: uréia; Super N®; uréia + 12,5% de zeólita do peso total; uréia + 25% de zeólita do peso total; uréia + 50% de zeólita do peso total; uréia em pulverização foliar; 75% de uréia + 25% de sulfato de amônio; nitrato de amônio e sem N (testemunha).

O tratamento com Super N® foi escolhido por ser um produto comercial composto por uréia tratada com NBPT [N-(n-butyl) triamida tiofosfórica] que é uma substância capaz de retardar o processo de hidrólise provocado pela enzima urease. Escolheu-se a mistura uréia mais zeólita devido sua alta CTC, grande capacidade na retenção de água nos canais e habilidade em capturar íons. Utilizou-se uréia aplicada via foliar, pois este é o fertilizante nitrogenado de menor custo quando comparado com os demais adubos. Outro ponto fundamental para essa escolha é que as doses recomendadas para adubação foliar são menores que para a fertilização via solo (Oliveira et al., 2004; Oliveira et al., 2005).

As mensurações de amônia foram feitas utilizando metodologia do absorvedor de amônia de espuma com ácido e politetrafluoroetileno desenvolvido por Alves (2006). Foram realizados 3 ciclos de mensuração: verão 07 (12/02/07 – 05/03/07), inverno 07 (27/07/07 – 17/08/07) e verão 08 (10/01/08 – 31/01/08). Foi utilizada a dose de 50 kg/ha de N para adubos sólidos e 15 kg/ha de N para adubação líquida via foliar (Oliveira et al., 2004; Oliveira et al., 2005) para as mensurações de verão 07 e inverno 07 e para a coleta do verão 08 adotou-se a dose de 100 kg/ha de N para os adubos sólidos e 30 kg/ha de N para adubação líquida via foliar. Para a uréia aplicada via foliar a dose do fertilizante nitrogenado foi diluída em 600 l/ha de água. A volatilização diária das parcelas sem adubação nitrogenada foi descontada dos demais tratamentos.

A metodologia de troca dos AE e determinação do nitrogênio volatilizado foi a mesma utilizada no Experimento 1.

As análises estatísticas de ambos os experimentos foram feitas utilizando-se o programa estatístico SAS® for Windows (SAS, 1996). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância em delineamento de blocos ao acaso e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e Discussão

Experimento 1

Para a volatilização acumulada de amônia houve interação entre os coletores avaliados e as doses de uréia aplicadas na pastagem. Quando a dose aplicada de uréia foi 50 kg/ha de N, não houve diferença entre as medidas dos coletores para perdas acumuladas de amônia (N-NH₃) volatilizada (Figura 3). Com essa dose de N o AE mostrou resultados semelhantes aos do CSA, tanto na quantidade total de amônia volatilizada quanto na taxa diária e também no pico de volatilização de amônia (Figura 3 e Figura 4). Com a dose de 100 kg/ha de N a perda de amônia acumulada mensurada pelo coletor AE foi menor do que aquela mensurada pelo CSA (Figura 3). Em contraposição, no trabalho desenvolvido por Alves (2006) em casa de vegetação com os mesmos coletores na dose de 100 kg/ha de N foram obtidos resultados semelhantes entre o CSA e o AE.

O pico de volatilização neste experimento ocorreu 2 dias após a aplicação da uréia (Figura 4). Primavesi et al., (2001) também encontraram o pico de volatilização em 1 a 2 dias após a aplicação do fertilizante. Entretanto, outros trabalhos têm demonstrado que processo de volatilização da amônia tem pico com aproximadamente 4-6 dias após a aplicação da uréia (Costa et al. ,2003; Alves, 2006).

Torna-se importante ressaltar que as quantidades de amônia volatilizada acumulada para Costa et al. (2003), Alves (2006) e para este experimento foram de 35; 30,85 e 63,98 kg/ha de N respectivamente. Solos com umidade adequada e temperatura elevada apresentam maior parte da hidrólise da uréia de 1 a 3 dias após aplicação do fertilizante nitrogenado (Cantarella & Marcelino, 2007). Neste experimento devido a utilização de irrigação a umidade sempre esteve próxima a 50% da capacidade de armazenamento de água do solo (CAD) e as médias das temperaturas máxima e mínima foram de 29,4 e 18,1°C, respectivamente, ou seja fatores favoráveis a volatilização de amônia.

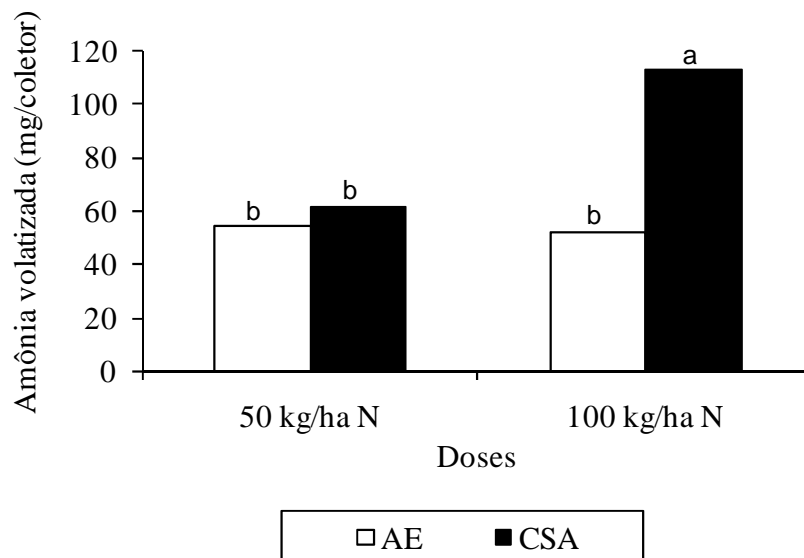
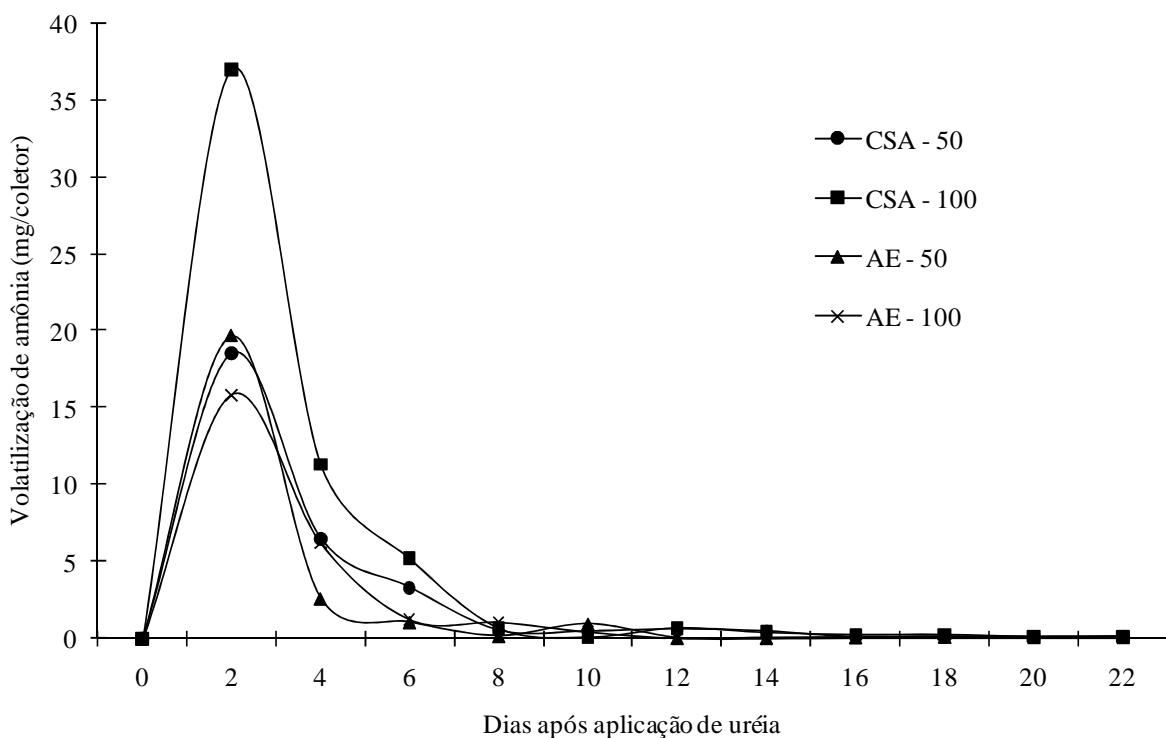


Figura 3. Perdas acumuladas de amônia (N-NH₃) volatilizada estimadas pelos coletores: semi-aberto estático (CSA) e absorvedor de espuma (AE), com duas doses de N (50 e 100 kg/ha). Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Na Figura 4, verifica-se que a diferença na volatilização acumulada entre CSA e AE na dose de 100 kg/ha pode ser atribuída a captação de amônia no pico de volatilização, momento em que o CSA apresentou maior capacidade para absorver toda a amônia volatilizada, enquanto o AE não foi capaz de captar toda a amônia. No experimento de Alves (2006) desenvolvido em casa de vegetação, apesar do emprego de 100 kg/ha de N, o pico de volatilização foi bem menor, o que pode explicar a semelhança entre os coletores. Dessa forma, deve-se estudar melhor a eficiência dos absorvedores com doses de fertilização nitrogenada e picos de volatilização mais altos. Novas observações poderão quantificar qual a máxima taxa diária de volatilização de amônia que pode ser estimada pelo absorvedor ou então quais modificações estruturais e temporais devem ser feitas para que ele faça as mensurações do pico de volatilização em doses de N mais elevadas. Uma alternativa seria a troca diária dos absorvedores nos primeiros dias após a aplicação da uréia, ocasião em que ocorre a máxima taxa de volatilização diária de amônia. Se a metodologia de troca de coletores a campo utilizada neste experimento fosse modificada, aumentando o número de coletas em menores intervalos de tempos nos primeiros 6 dias, período em que ocorre o pico de volatilização e a maior parte das perdas por volatilização, provavelmente o absorvedor de espuma com ácido e politetrafluoroetileno teria capacidade para absorver toda amônia volatilizada na dose de 100 kg/ha de N.



	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
CSA-50	18,59 ab	6,50 ab	3,31 ab	0,51a	0,45a	0,60 a	0,46 a	0,08b	0,10a	0,08 a	0,12a
CSA-100	36,97 a	11,31 a	5,22 a	0,71a	0,14 a	0,74 a	0,44 a	0,30 a	0,32 a	0,18 a	0,20 a
AE-50	19,67 ab	2,59 b	1,05 b	0,16a	0,94 a	0,04b	0,04b	0,08b	0,12 a	0,11a	0,11 a
AE-100	15,85b	6,21 Ab	1,28b	1,10a	0,47 a	0,06b	0,05b	0,08b	0,08 a	0,08a	0,08 a

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Figura 4. Perdas diárias de amônia (N-NH₃) volatilizada estimadas com dois coletores: semi-aberto estático (CSA) e absorvedor de espuma (AE), nas doses de 50 e de 100 kg/ha de N.

Experimento 2

Para volatilização acumulada de amônia (Figura 5) o fertilizante que em todos os ciclos apresentou menor taxa de volatilização foi nitrato de amônio aplicado a lanço e a forma de aplicação que reduziu esse tipo de perda foi a uréia aplicada via foliar.

Perdas acumuladas de amônia na ordem de 35, 14, 34 e 8 kg/ha respectivamente para aplicação de uréia em superfície, uran em superfície (solução líquida), mistura uréia com sulfato de amônio e Ajifer (resíduo líquido enriquecido com nitrogênio) foram registradas por Costa (2001) quando o mesmo utilizou dose de 100 kg/ha de N em cana-de-açúcar com palhada. Porém, em experimento com dose de 100 kg/ha de N e utilizando uréia como adubo nitrogenado, Duarte et al. (2007) relataram perdas acumuladas de apenas 13,3 kg/ha do N aplicado corroborando para a afirmação de que a quantidade de amônia volatilizada depende de fatores inerentes ao clima, solo, manejo adotado na cultura, fonte e dose de N utilizado, forma de adubação e umidade do solo seja verdadeira. Vale ainda ressaltar que as mensurações de perdas de nitrogênio por volatilização devem considerar a época do ano, forma de aplicação e fonte de nitrogênio utilizada, pois estas alteram diretamente os resultados obtidos.

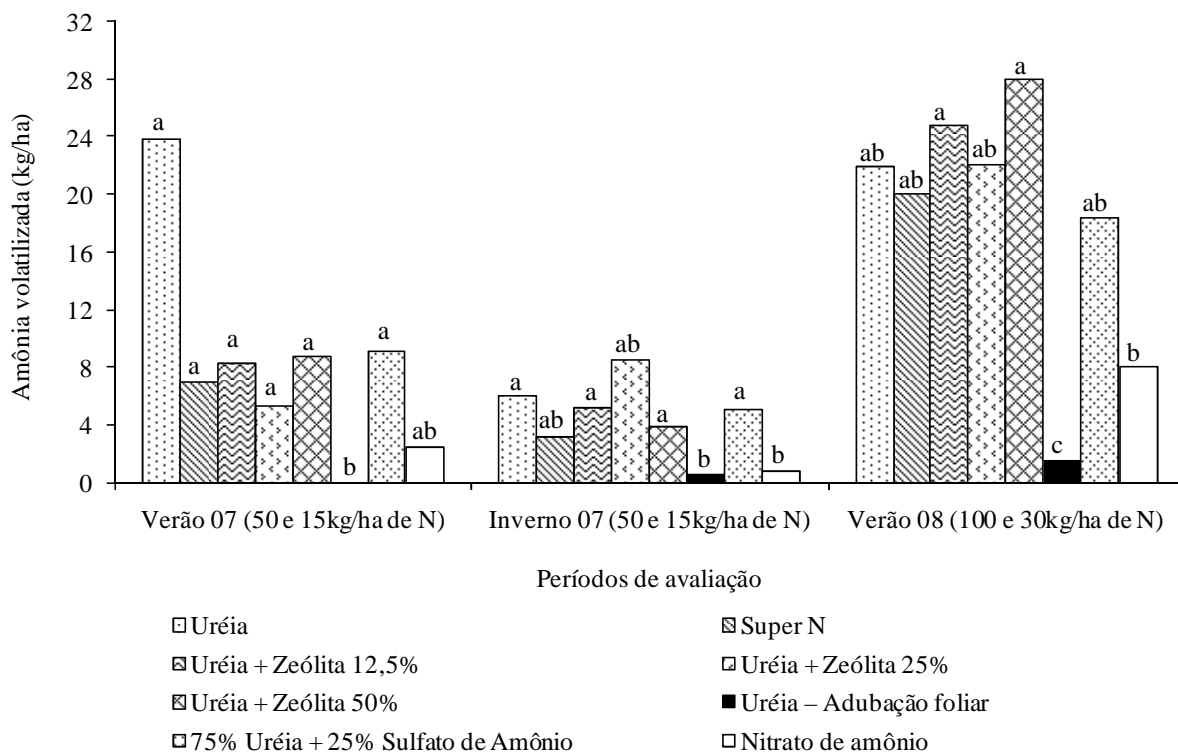


Figura 5. Perdas de amônia volatilizada acumulada em 22 dias em pastagem de capim tanzânia adubada com fontes e formas de aplicação de N em diferentes épocas. (Obs: Letras iguais na estação não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.)

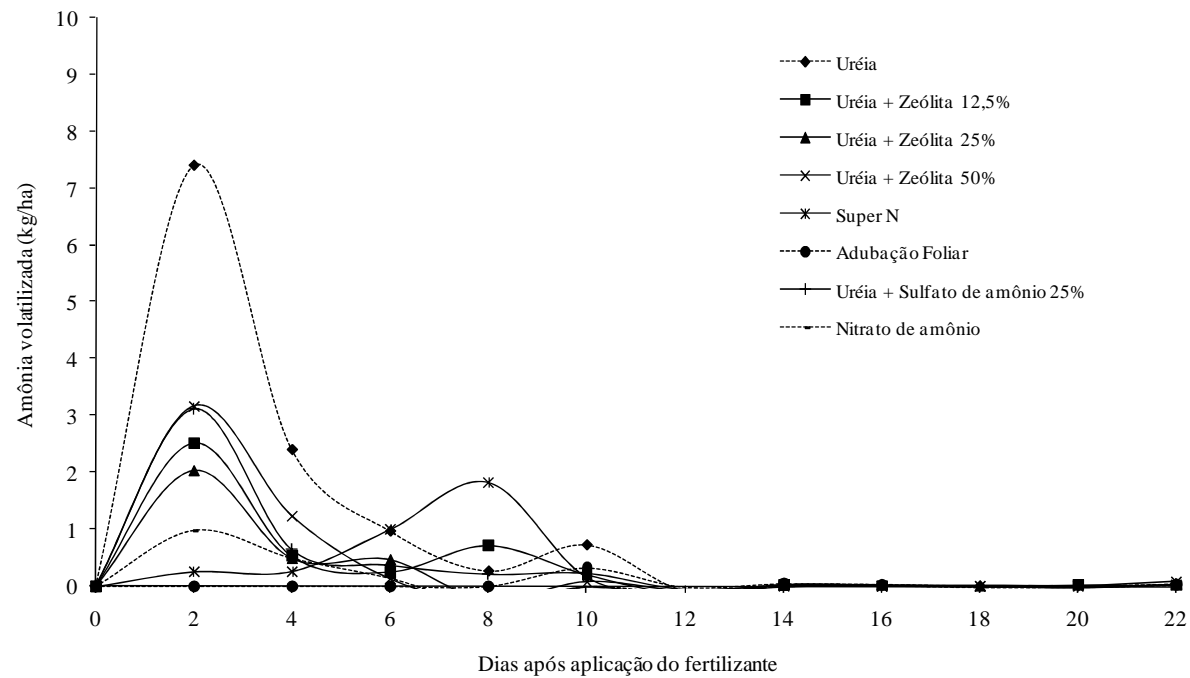
As perdas gasosas significantes e responsáveis por cerca de quase toda perda nitrogenada acontecem de 4 - 6 dias após a aplicação do fertilizante. O pico de volatilização da amônia que deve ocorrer nos primeiros dias após a aplicação do fertilizante nitrogenado (Cantarella et al., 2001) foi observado em todos os ciclos avaliados (Figuras 6, 7 e 8). De forma geral, a hidrólise da uréia ocorre em solos com umidade variada e quanto mais rápido esse processo se inicia maior o potencial de perdas de amônia para a atmosfera (Duarte et al., 2007).

No ciclo correspondente ao verão de 2007, observa-se que no período de máxima perda por volatilização de amônia, um dos fertilizantes que tiveram menor hidrólise foi o Super N®, bem como teve o pico de volatilização retardado (Figura 6). Esse resultado está de acordo com Contin (2007) que afirma que a adição de NBPT [N-(n-butil) triamida tiofosfórica] à uréia permite um retardamento no início do processo de volatilização de amônia e também reduz a quantidade de N perdida durante o período de perdas mais intensas.

No inverno de 2007 as perdas por volatilização foram baixas e o pico de volatilização ocorreu dentro do período de 2-4 dias (Figura 7). Embora a perda tenha sido praticamente nula para todos os tratamentos, a planta não consegue utilizar o nitrogênio disponibilizado e absorvido, pois a época do ano é desfavorável para seu desenvolvimento. Dessa forma, a utilização de adubação nitrogenada neste período pode ser reduzida, pois com a disponibilidade de nitrogênio para a pastagem e as exigências para crescimento e desenvolvimento sendo supridas, provavelmente a planta passará a acumular nitrogênio, que poderá ser disponibilizado quando a quantidade de N no solo não for suficiente para atender a demanda da forrageira.

Para a coleta do verão de 2008 no período do pico de volatilização de amônia, o tratamento que foi fertilizado com nitrato de amônio e a forma de aplicação via foliar obtiveram as menores perdas. As demais fontes de N apresentaram comportamento semelhante (Figura 8). A quantidade de amônia volatilizada nesta época do ano foi superior aos demais, pois além das condições favoráveis a volatilização, a dose de N utilizada neste ciclo foi o dobro das outras. Provavelmente a metodologia utilizada para captação de amônia (método do absorvedor de espuma com ácido e politetrafluoroetileno) não foi capaz

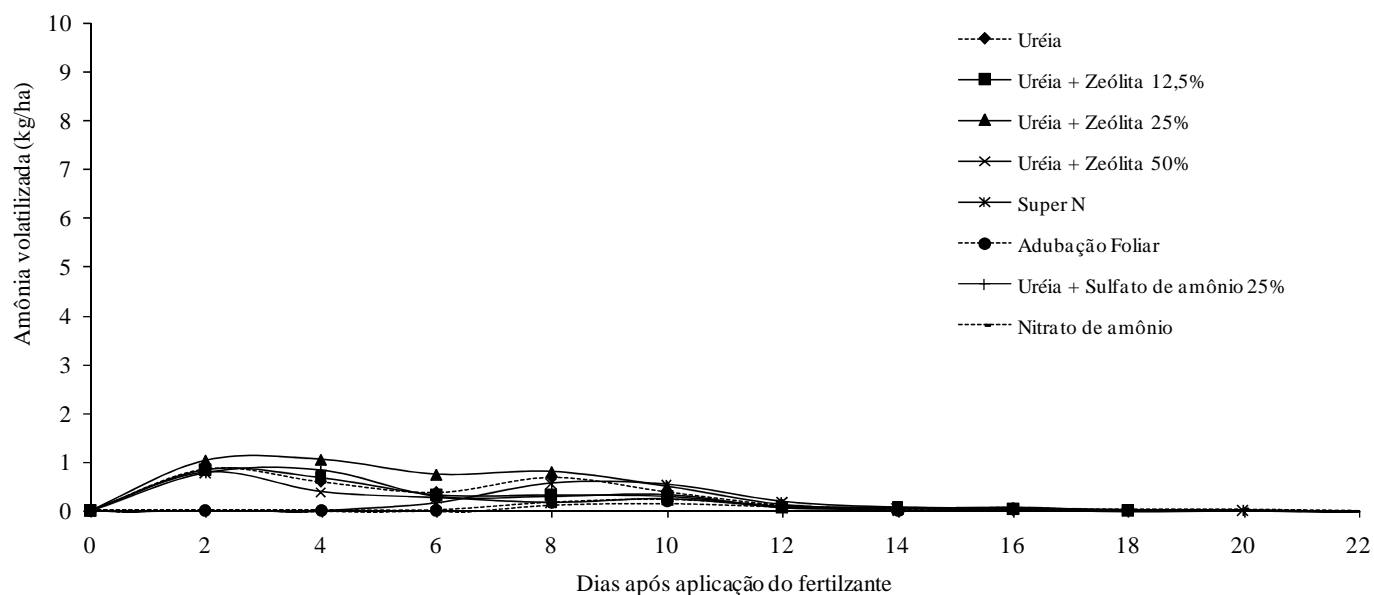
de absorver toda a amônia volatilizada (*experimento 1*), por isso não são detectadas diferenças entre os tratamentos com exceção do nitrato de amônio que volatiliza muito pouco (Oliveira et al., 2008) e fertilização via foliar de uréia. Porém, mesmo com a utilização de um método não eficaz para quantificação de elevadas perdas por amônia, é possível notar a eficiência no uso de nitrato de amônio como fertilizante nitrogenado e na forma de aplicação de uréia via foliar, uma vez que houveram baixas perdas por volatilização nesses casos. É perceptível também que a utilização do NBPT para inibir a urease não é uma ferramenta eficaz em condições favoráveis a formação de amônia, visto que houve grandes perdas por volatilização (Figura 8).



Tratamentos	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Uréia	13,6 a	3,2 a	0,9 a	0,3 a	0,7 a	0,1 a	0,1 a	0,0	0,0	0,0	0,0
Super N	0,3 c	0,3 a	1,0 a	2,1 a	0,2 a	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0	0,0	0,0
Uréia + Zeólita 12,5%	2,5 bc	0,5 a	0,3 a	0,7 a	0,2 a	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0	0,0	0,0
Uréia + Zeólita 25%	2,0 bc	0,5 a	0,5 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0	0,0	0,0
Uréia + Zeólita 50%	1,5 bc	0,5 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0	0,0	0,0
Uréia – Adubação foliar	-	-	-	-	0,3 a	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0	0,0	0,0
Uréia + Sulfato de amônio 25%	4,0 ab	0,7 a	0,4 a	0,5 a	0,2 a	0,1a	0,0 a	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrato de amônio	1,0 bc	0,6 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0	0,0	0,0

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

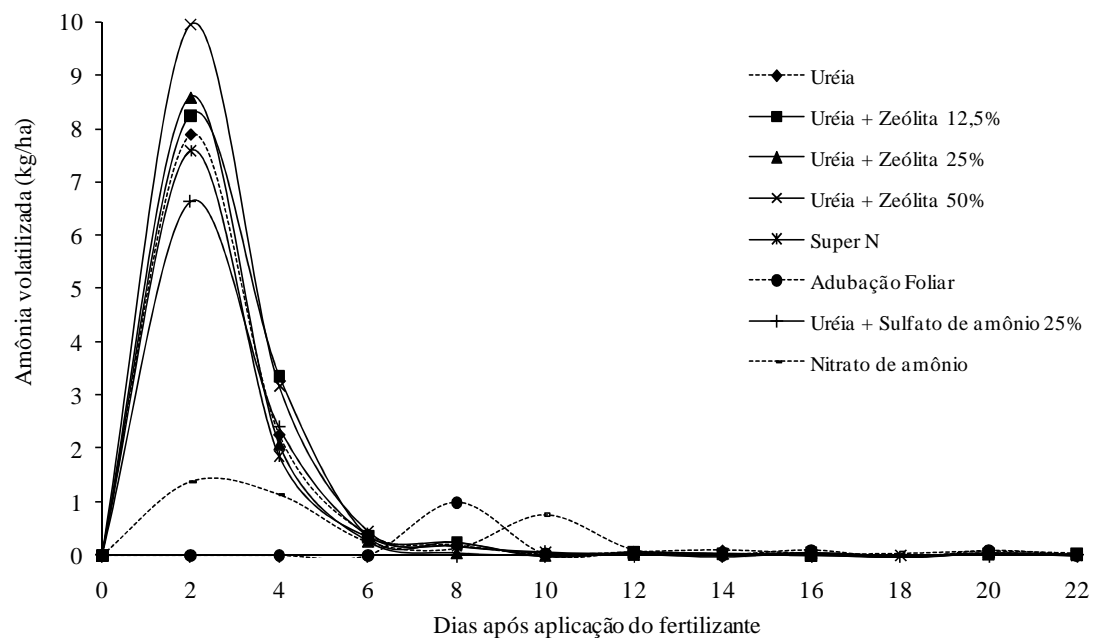
Figura 6. Perdas de amônia por volatilização no período do verão 2007.



Tratamentos	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Uréia	0,9 ab	0,6 ab	0,4 a	0,7 a	0,4 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0	0,0
Super N	0,1 bc	0,1 b	0,2 ab	0,6 a	0,5 a	0,2 a	0,1 a	0,1 a	0,0	0,0	0,0
Uréia + Zeólita 12,5%	0,9 ab	0,7 ab	0,3 a	0,3 a	0,3 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,0	0,0	0,0
Uréia + Zeólita 25%	1,0 a	1,0 a	0,8 a	0,8 a	0,5 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,0	0,0	0,0
Uréia + Zeólita 50%	0,8 ab	0,4 ab	0,3 ab	0,2 a	0,2 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0	0,0
Uréia – Adubação foliar	-	-	-	0,2 a	0,2 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0	0,0
Uréia + Sulfato de amônio 25%	0,8 ab	0,8 ab	0,3 a	0,4 a	0,3 a	0,1 a	0,1 a	0,0 a	0,0	0,0	0,0
Nitrato de amônio	0,0 c	0,1 b	0,0 b	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0	0,0	0,0

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Figura 7. Perdas de amônia por volatilização no período do inverno 2007.



Tratamentos	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Uréia	7,9 a	2,3 ab	0,4 a	0,2 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
Super N	7,6 a	1,9 ab	0,3 a	0,3 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
Uréia + Zeólita 12,5%	8,2 a	3,4 a	0,4 a	0,3 a	0,0 a	0,1a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,1a	0,0 a
Uréia + Zeólita 25%	9,6 a	2,1 ab	0,3 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
Uréia + Zeólita 50%	10,0 a	3,2 a	0,5 a	0,2 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,0 a
Uréia – Adubação foliar	-	-	-	1,0 a	0,0 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a	0,0 a	0,1 a	0,0 a
Uréia + Sulfato de amônio 25%	6,6 a	2,4 ab	0,4 a	0,2 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,1 a	0,0 a	0,1 a	0,0 a
Nitrato de amônio	1,4 b	1,2 a	0,3 a	0,2 a	0,8 a	0,1 a	0,0 a	0,0 a	0,1 a	0,1 a	0,1 a

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Figura 8. Perdas de amônia por volatilização no período do verão 2008.

Conclusões

O absorvedor de espuma com ácido e politetrafluoroetileno mostrou-se apto para a mensuração das perdas diárias e acumuladas de amônia apenas na dose de 50 kg/ha de N, uma vez que na dose de 100 kg/ha de N subestimou o pico de volatilização. Por ser um coletor mais econômico e de menor interferência no sistema solo–adubo–planta existe a necessidade de modificá-lo estruturalmente e/ou alterar a metodologia de troca dos absorvedores.

Na avaliação de perdas por volatilização dos adubos nitrogenados e das formas de aplicação testadas, o fertilizante nitrato de amônio aplicado a lanço e uréia via pulverização foliar apresentaram menores perdas, o que poderia aumentar a eficiência de utilização do N pela pastagem. A adubação líquida de uréia via foliar possibilitaria redução de custos, visto que a dose recomendada para esse tipo de fertilização é menor que a aplicação via solo (50 e 15 kg/ha/ciclo de pastejo de N para adubação no solo e pulverização via foliar, respectivamente).

Literatura Citada

- ALVES, A.C. **Métodos para quantificar volatilização de N-NH₃ em solo fertilizado com uréia.** Pirassununga, 2006. 41p. Dissertação (mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
- CABEZAS, W.A.R. et al. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizer. **Communication in Soil Science and Plant Analysis, Athens.** V.30, p.389-406, 1999.
- CANTARELLA, H. et al. Ammonia losses by volatilization from coastcross pasture fertilized with two nitrogen sources. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001. Águas de São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry, 2001. p. 190-192.
- CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da uréia. In: SIMPÓSIO SOBRE INOVAÇÕES RECENTES PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 1., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: INPI, 2007. 1 CD-Room.

- CONTIN, T. L. **Uréia tratada com inibidor da urease NBPT na adubação de cana-de-açúcar colhida sem a despalha a fogo**, 2007. 72p. Dissertação (mestrado em agricultura tropical e subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas.
- COSTA, M. C. G. **Eficiência agronômica de fontes nitrogenadas na cultura da cana-de-açúcar em sistemas de colheita sem despalha a fogo**. Piracicaba, 2001. 94p. Dissertação (mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo.
- COSTA, M. C. G.; VITTI, G.C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.631-637, 2003.
- DUARTE, F. M. et al. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia com aplicação de uréia em solo de várzea com diferentes níveis de umidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.705-711, mai/jun 2007.
- NÖNMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.39, p.309-318, 1973.
- OLIVEIRA, P. P. A.; et al. Adubação foliar nitrogenada substitutiva em pastagens irrigadas de *Panicum maximum* cv. Tanzânia . In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 2, Curitiba, 2004. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2004.
- OLIVEIRA, P. P. A.; et al. Aspectos produtivos da fertilização foliar nitrogenada em pastagem de "Panicum maximum" cv. Tanzânia irrigada durante um ano de avaliação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. (1 CD-ROOM).
- OLIVEIRA, P. P. A. et al. **Métodos para avaliar as perdas de nitrogênio por volatilização da superfície do solo e por emissão de amônia pela folhagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16).
- PRIMAVESI, O. et al. **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv Coast-cross sob manejo rotacionado: eficiências e perdas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. (Circular Técnica, 30).
- STATISTICAL ANALYSIS – SAS. **User’s Guide**. Version 6.11, 4.ed, v.2. Cary: 1996.

CAPÍTULO 3.
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE CAPIM-TANZÂNIA EM
SISTEMA INTENSIVO SUBMETIDO A FONTES E FORMAS
DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE CAPIM-TANZÂNIA EM SISTEMA INTENSIVO SUBMETIDO A FONTES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO

Resumo

Avaliou-se produção e qualidade do capim-Tanzânia submetido a formas de aplicação e a fontes de N em pastagem manejada intensivamente. O experimento foi realizado de fev/07 a fev/08. Mensalmente, foram coletados dados para análise da forragem. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 4 repetições e 9 tratamentos: uréia, Super N[®], uréia + 12,5% de zeólita, uréia + 25% de zeólita, uréia + 50% de zeólita, uréia em aplicação foliar, 75% de uréia + 25% de sulfato de amônio, nitrato de amônio e sem N (testemunha). Utilizou-se dose anual de 900 kg/ha de N para os adubos sólidos e 240 kg/ha de N para pulverização foliar. Nos parâmetros quantitativos e qualitativos da forragem não houve tendência de respostas entre tratamentos, inclusive, o que não recebeu adubação nitrogenada. Os teores de N na folha foram próximos de 33 g N/kg de matéria seca, valor superior aos relatados na literatura, demonstrando que houve acúmulo de N na folha. Sendo assim, acredita-se que o N utilizado pela planta tenha sido disponibilizado por adubações nitrogenadas anteriores, onde o N teria ficado armazenado no sistema solo-planta. Em condições de sistemas intensivamente manejados e adubados durante longos períodos, se a pastagem mantiver a produtividade como ocorreu neste experimento, talvez seja possível reduzir a quantidade de adubo nitrogenado fornecida a cultura, implicando em redução de custos.

Palavras-chave: *Panicum*, fontes nitrogenadas, adubação, produtividade, teor de N

PRODUCTION AND QUALITY OF TANZANIA GRASS IN INTENSIVE SYSTEM UNDER DIFFERENT NITROGEN SOURCES AND APPLICATION FORMS

Abstract

The production and quality of the Tanzania grass under different application forms and nitrogen sources in intensive pasture were evaluated. The experiment was realized from feb/07 to feb/08. Data was collected monthly for analysis of the forage. The experimental design used was completely randomized block design, with 4 repetitions and 9 treatments: urea, Super N®, urea + 12.5% of zeolite, urea + 25% of zeolite, urea + 50% of zeolite, urea leaf spraying, 75% of urea + 25% of ammonium sulfate, ammonium nitrate, and without nitrogen (control). An annual dose of 900 kg/ha of N was used for the solid fertilizers and 240 kg/ha of N for the leaf spraying. . In the forage quantitative and qualitative parameters no tendency of answers between the treatments was found. The contents of nitrogen on leaves are near 33 g N/kg of dry matter, superior of those found in the literature, showing that nitrogen accumulation occurred in the leaf. Probably, the N used by the plant may have been provided by previous nitrogen fertilizations, where the N would have been stored in the soil-plant system. In intensively managed system conditions and fertilized for long periods, if the pasture keeps the productivity just like occurred in this experiment, maybe it is possible to reduce the amount of nitrogen fertilizer provided to the culture, resulting in costs reduction.

Keywords: *Panicum*, nitrogen sources, fertilization, productivity, N rate

Introdução

Em sistemas de produção onde a forrageira é manejada corretamente a aplicação de nitrogênio é ferramenta fundamental para incrementar a produção da pastagem. O aumento da disponibilidade deste nutriente atua sobre a atividade fotossintética da planta, na mobilização de reservas fisiológicas (C e N) logo após a desfolha; no ritmo de expansão da área foliar; no peso e número de perfilhos (Martha Júnior et al., 2004) induzindo seu crescimento.

Produções de pastagens variando entre 5 e 89,2 kg MS/kg de N aplicado foram registradas por Balsalobre et al. (2002), indicando que a resposta das plantas a este tipo de adubação é variável, devido a ação de fatores edafoclimáticos e relativos à planta. A qualidade da forragem também é afetada pela disponibilidade de N, pois existe aumento da proteína bruta em função do aumento das doses de N aplicadas. Quando o suprimento de N no solo excede os requerimentos para crescimento da planta, passa a ocorrer armazenamento de nitrato nas folhas (Primavesi et al., 2001), refletindo diretamente em excessivos teores de proteína bruta.

A existência e a quantidade de matéria orgânica no solo melhoram a qualidade química, física e biológica do mesmo, influenciando também na resposta da planta quanto ao fertilizante nitrogenado. A taxa de mineralização da matéria orgânica depende do ambiente referente a clima e solo, bem como da qualidade dos resíduos a serem incorporados e tempo de incorporação. Se ocorrerem altas taxas de mineralização, menor será a quantidade de nitrogênio oriundo de adubação necessária para atingir determinada produtividade da pastagem. Assim, a taxa de mineralização da matéria orgânica mais a quantidade de nitrogênio mineral no solo influenciam a recuperação e perda do N aplicado e, conseqüente, eficiência na conversão do N-fertilizante em forragem. A diminuição na eficiência de utilização do N pela planta pode estar relacionada com as perdas de N que ocorrem para o ambiente, principalmente através do processo de volatilização de amônia. A utilização de diferentes fontes, formas de aplicação e combinação do fertilizante com aditivos são ferramentas que visam minimizar esse tipo de perda que pode chegar a 80% do adubo nitrogenado aplicado (Cabezas et al., 1997).

Pastagens altamente adubadas e manejadas intensivamente durante muitos anos têm apresentado efeito residual de nitrogênio no solo e nas estruturas de reserva das plantas, demonstrando efeito residual de adubações nitrogenadas anteriores (Reid, 1984 citado por Whitehead, 1995). Nestes casos a influência do resíduo nitrogenado no solo e/ou planta pode alterar as respostas da forrageira. Dessa forma, seria possível alcançar altas produtividades da pastagem mesmo sem a ocorrência de adubações, permitindo menor custo de produção.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi determinar produção e qualidade do capim-Tanzânia submetido a fontes e formas de aplicação de nitrogênio em pastagem manejada intensivamente.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em área pertencente ao Sistema de Produção de Leite do Centro de Pesquisa Pecuária Sudeste - Embrapa, em São Carlos, SP (22°01' S e 47°54' W; altitude de 856 m acima do nível do mar) de fevereiro de 2007 a fevereiro de 2008.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média e a análise química do mesmo realizada no início e final do experimento encontra-se na Tabela 1 e a análise de micronutrientes realizada no início do período experimental na Tabela 2. Foi realizada calagem com 2,7 t/ha de calcário dolomítico (PRNT = 70) para elevar a saturação por bases para 80% (Corsi & Nussio, 1993). Não foi realizada adubação para P ou K, pois os teores presentes no solo satisfaziam as necessidades da planta. As características físicas da área são: areia = 760 g/kg, argila = 221 g/kg e silte = 19 g/kg (Primavesi et al., 1999).

O experimento foi implantado em uma área irrigada de *Panicum maximum* cv. Tanzânia. Desde a implantação do capim nesta área em janeiro de 1995, o manejo adotado no sistema foi intensivo, utilizando de pastejo rotacionado com altas cargas animais, irrigação e adubações pesadas. A extração de nutrientes do solo pela pastagem foi alta, mas a reposição via dejetos dos animais, decomposição de plantas, folhas e resíduos, bem como adição de adubos ao sistema também foi elevada. Esse fato permitiu a formação de um solo

muito fértil com reservas de nutrientes que influenciam rendimento e qualidade da pastagem.

Tabela 1. Análise química do solo na profundidade de 20 cm no início e final do experimento.

Profundidade (0-20 cm)	pH CaCl ₂	M.O. (g/dm ³)	P resina (mg/dm ³)	K	Ca	Mg	Al	CTC (mmolc/dm ³)	V (%)	S.SO ₄ (mg/dm ³)
	Início	4,9	28,0	26,0	4,1	15,0	7,0	2,0	57,0	46,0
Final	4,9	31,2	33,9	1,9	25,1	9,9	2,2	83,8	43,9	10,9

Tabela 2. Análise de micronutrientes do solo na profundidade de 20 cm no início do experimento.

Profundidade (0-20 cm)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Início	0,34	4,00	33	8,3	1,2

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, composto por nove tratamentos que consistiram nas fontes e nas formas de aplicação de nitrogênio testadas e testemunha (sem nitrogênio). Os tratamentos utilizados foram: uréia; Super N®; uréia + 12,5% de zeólita do peso total; uréia + 25% de zeólita do peso total; uréia + 50% de zeólita do peso total; uréia em pulverização foliar; 75% de uréia + 25% de sulfato de amônio; nitrato de amônio; sem N (testemunha). O tratamento com Super N® foi escolhido por ser um produto comercial composto por uréia tratada com NBPT [N-(n-butil) triamida tiofosfórica] que é uma substância capaz de retardar o processo de hidrólise provocado pela enzima urease. Escolheu-se a mistura uréia mais zeólita devido sua alta CTC, grande capacidade na retenção de água nos canais e habilidade em capturar íons. Utilizou-se apenas uréia aplicada via foliar, pois este é o fertilizante nitrogenado de menor custo quando comparado com os demais adubos. Outro ponto fundamental para essa escolha é que as doses recomendadas para adubação foliar são menores que para a fertilização via solo, viabilizando a utilização dessa fonte. Para cada tratamento utilizaram-se quatro repetições, totalizando 36 parcelas de 10 m² cada.

A dose anual utilizada de N foi de 900 kg/ha para os fertilizantes sólidos e 240 kg/ha para o fertilizante foliar. Para a pulverização foliar a dose parcelada do fertilizante nitrogenado foi diluída em 600 l/ha de água. (Oliveira et al., 2004; Oliveira et al., 2005). A adubação foi realizada de forma parcelada (mensal), a lanço para os fertilizantes sólidos e em pulverização para a uréia por via foliar. Os fertilizantes sólidos foram aplicados após o corte da forragem por animais (agentes desfolhadores). A aplicação do adubo via foliar ocorreu de 5 a 7 dias após o pastejo do capim, quando a rebrota da planta já havia iniciado.

No início da estação da seca sobressemeou-se aveia (*Avena* sp.) no capim. Em virtude do manejo adotado para plantio da aveia, a pastagem de tanzânia foi rebaixada a uma altura média de 10 cm acima da superfície do solo.

Para quantificação da produção de matéria-seca (MS), as coletas da parte aérea da forrageira foram realizadas antes que os animais entrassem na área experimental. Sendo assim, foram colhidas mensalmente 2 amostras aleatórias de 1m²/parcela (Penati et al., 2005) cortando-se a forragem a altura do resíduo (35 cm), com exceção do mês de junho de 2007 quando a pastagem foi rebaixada a 10 cm para plantio da aveia e não houve coleta. Todo material colhido foi pesado e retiradas subamostras de aproximadamente 300g. Nas coletas onde houve a presença da aveia, que foi sobressemeada no capim-Tanzânia, as forrageiras foram separadas manualmente e retiradas subamostras. As subamostras foram levadas a estufa com circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas até peso constante para determinação da MS. Nas análises qualitativas, o teor total de N foi determinado pelo método semimicro de Kjeldhal (Nogueira & Souza, 2005). O nitrogênio não protéico (NNP) da forrageira foi determinado em solução de ácido tricloroacético (Souza et al., 2006) e o teor de nitrato foi estimado por meio de análise de injeção em fluxo (FIA) (Lemos & Nogueira, 2002). A digestibilidade “in vitro” da matéria seca foi determinada segundo metodologia descrita por Tilley & Terry (1963). A extração de N foi calculada a partir da produção de MS e teor de N. No inverno somou-se a extração realizada pelo capim tanzânia mais a extração feita pela aveia sobressemeada. A equação utilizada para esta estimativa foi (Primavesi et al., 2001):

$$N \text{ ext (kg/ha)} = 0,001 \times [MS(\text{kg/ha}) \times \text{Teor de N (g/kg)}]$$

Vale ressaltar que considerou-se apenas a forragem e teor de N existentes na parte aérea sem considerar o resíduo.

A recuperação aparente de N foi calculada a partir da extração de N. A fórmula utilizada foi (Primavesi et al., 2001):

$$N \text{ rec (\%)} = 100 \times (N \text{ ext da parcela adubada} - N \text{ ext da testemunha})/100$$

A análise estatística foi feita utilizando-se o programa estatístico SAS® for Windows (SAS, 1996). Os resultados obtidos para produção de matéria seca e nitrogênio não protéico foram transformados através da extração da raiz quadrada. Para os parâmetros nitrogênio total da parte aérea e nitrogênio extraído os dados foram transformados pela aplicação de $\log(x)$. Os dados foram analisados através do procedimento medidas repetidas no tempo. As médias dos tratamentos e estações foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e Discussão

Apesar de existirem diferenças estatísticas nos resultados obtidos para produtividade do capim-Tanzânia não foi observada tendência de prevalência entre tratamentos (Tabela 3). Nas condições específicas dessa pastagem, manejo e adubações intensivos por um longo período, mesmo após um ano sem adubação nitrogenada, o tratamento testemunha (sem N) não manifestou nenhum sinal de deficiência de nitrogênio e continuou a produzir tanto quanto os demais tratamentos (Tabela 3). A ausência de resposta à adubação nitrogenada com as várias fontes de nitrogênio avaliadas pode ser explicada por um aporte de N oriundo do solo (matéria orgânica) e das reservas da planta (Oliveira et al., 2007). Áreas intensamente manejadas podem ter de alguma forma influência de adubações anteriores. Efeitos residuais de nitrogênio variando de 18 a 41%, dependendo na fonte nitrogenada utilizada, foram relatados por Broadbent & Nakashyima (1968) citados por Muraoka (1991).

O efeito do nitrogênio sobre o acúmulo de massa da forragem depende da relação existente entre taxa fotossintética e concentração de nitrogênio; distribuição do nitrogênio entre as folhas; expansão e disposição das folhas no dossel forrageiro e, portanto, seu

impacto na interceptação luminosa (Gastal & Lemaire, 2002 citados por Santos, 2004). Assim, aspectos morfofisiológicos da pastagem influenciam indiretamente na produtividade.

Tabela 3. Produção do capim-Tanzânia (acima de 35 cm) nas estações do ano e produção total, expressas em matéria seca (t/ha).

Tratamentos	Matéria Seca (t/ha)				
	Verão	Outono	Inverno ²	Primavera	Total ^{1,2}
Uréia	7,1 ab A	7,2 c A	1,1 a C	3,0 b B	18,4
Super N	8,1 a B	9,5 a A	0,8 a D	3,5 ab C	21,8
Uréia + Zeólita 12,5%	7,7 ab A	8,5 abc A	1,2 a C	4,2 ab B	21,6
Uréia + Zeólita 25%	7,6 ab A	8,0 abc A	0,9 a C	3,8 a B	20,2
Uréia + Zeólita 50%	8,0 a A	8,8 ab A	0,8 a C	3,6 ab B	21,2
Adubação Foliar	7,2 ab A	7,6 bc A	0,9 a C	3,3 ab B	19,0
75% Uréia + 25% Sulfato de Amônio	7,3 ab A	7,8 bc A	0,9 a C	3,2 ab B	18,3
Nitrato de Amônio	6,6 b A	7,2 c A	1,1 a C	3,7 ab B	18,6
Sem N	7,7 ab B	9,4 a A	0,7 a D	3,9 ab C	21,7
Média	7,5 B	8,2 A	0,9 D	3,6 C	20,1

¹ Não significativo pelo teste de Tukey a 5%.

² Produção de matéria seca de forragem acima da altura de pastejo, com ausência do corte do mês de junho de 2007.

Letras diferentes maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Fatores edafoclimáticos também podem causar alterações na produção da forrageira. A matéria orgânica é a principal reserva de N em solos agrícolas (Bartholomew, 1971) e a fixação biológica a principal via de adição de N no sistema solo-planta, e juntas, podem contribuir com a nutrição mineral de N (Moreira & Siqueira, 2002), pois a atividade biológica do solo é intensificada na presença de matéria orgânica (Cardoso, 1993). Acredita-se que através do processo de mineralização da matéria orgânica seja disponibilizado até 2% ao ano de N para a cultura. Por exemplo, um solo com 3% de matéria orgânica pode ter 0,15% N ou aproximadamente 3 t/ha de N na camada arável, ou seja, a mineralização forneceria cerca de 60 kg/ha de N ao ano (Raij, 1991). Araújo et al. (2004) trabalhando com diferentes doses de N para adubação de milho, observaram que para atingir a produtividade alcançada pelas parcelas testemunha (sem N), o solo contribuiu com aproximadamente 174 kg/ha de N. Os autores acreditam que o fornecimento de N pelo

solo através do processo de mineralização associado ao uso de irrigação permitiu elevadas produções tanto nas parcelas testemunha como nos demais tratamentos estudados.

Nota-se diferenças de produtividade do capim entre as estações (Tabela 3), ocorrendo maior produção no outono, seguido do verão, primavera e inverno. Normalmente elevadas produtividades das pastagens tropicais são registradas no verão, fato contrário ao observado neste experimento. Provavelmente isso ocorreu devido a grande incidência de chuvas no verão que implicou em menor luminosidade, refletida em redução da taxa fotossintética.

A quantidade de nitrogênio extraída pela planta também não caracterizou tendências de respostas entre tratamentos (Tabela 4). Os valores encontrados neste experimento estão próximos aos relatados por Primavesi et al. (2001). Esses autores encontraram valores de 41 e 64 kg/ha de N extraído/corte, com doses de 50 e de 100 kg/ha de N por corte, quando utilizaram uréia como fertilizante nitrogenado, e extração de 54 e de 89 kg/ha de N extraído/corte quando a adubação foi feita com nitrato de amônio, em pastagem de capim coast-cross.

Tabela 4. Extração de nitrogênio (kg/ha) pelo capim-Tanzânia no decorrer das estações do ano.

Tratamentos	Extração de N (kg/ha) por estação			
	Verão	Outono	Inverno ¹	Primavera
Uréia	234,5 ab A	216,6 c A	69,5 a C	128,9 b B
Super N	265,7 a A	281,6 a A	80,6 a C	147,6 ab B
Uréia + Zeólita 12,5%	245,5 ab A	243,3 abc A	74,8 a C	170,9 a B
Uréia + Zeólita 25%	254,3 ab A	237,9 abc A	74,5 a C	159,5 a B
Uréia + Zeólita 50%	258,7 ab A	252,5 abc A	81,0 a C	145,7 ab B
Adubação Foliar	236,9 ab A	218,2 c A	55,4 b C	130,0 b B
75% Uréia + 25% Sulfato de Amônio	245,6 ab A	228,1 bc A	72,4 a C	144,8 ab B
Nitrato de Amônio	218,8 b A	212,4 c A	74,7 a C	152,0 ab B
Sem N	247,6 ab A	263,4 ab A	52,3 b C	150,6 ab B
Média	245,3 A	239,2 A	71,1 C	147,8 B

¹ Somada a extração do capim tanzânia e da aveia sobressemeada.

Letras diferentes maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A ausência de resposta à adubação nitrogenada nessa pastagem, apesar das altas extrações de N podem estar relacionadas com efeito residual de fertilização dos anos

anteriores, ao alto teor de matéria orgânica mineralizável no solo (29,6 g/dm³) e ao acúmulo de N nas estruturas de reserva da planta (Oliveira et al., 2007), visto que a média do teor de N na parte aérea do capim-Tanzânia foi de 33 g/kg de MS, muito alta em relação à faixa de teor adequado (Werner et al.,1996) (Tabela 5).

O teor de nitrogênio na parte aérea do capim-Tanzânia não variou entre os tratamentos (Tabela 5). A análise de tecidos vegetais é uma forma direta de medir a relação entre fornecimento de um nutriente e sua real utilização pela planta (Malavolta et al., 1997). Para avaliação do estado nutricional das plantas de capim-colonião (*Panicum*), sugere-se como teor adequado de N a faixa de valores entre 15 a 25 g de N/kg de MS (Werner et al.,1996). Observa-se que em todos os tratamentos, incluindo o testemunha (sem N) e em todas as estações do ano, os teores de N estão acima dos recomendados. A média geral de N foi de 33 g /kg de matéria seca valor superior aos relatados por Primavesi et al. (2001). Segundo os mesmos autores, valores superiores a 23 g de N/kg de MS na parte aérea inibem o desenvolvimento do pasto e com isso o potencial de acúmulo de forragem é reduzido. Observaram-se diferenças apenas entre as estações, sendo que os maiores teores médios (36 g de N/kg de MS) são observados no inverno, onde teores mais elevados de N podem ser atribuídos aos menores rendimentos de matéria seca, ocorrendo efeito de diluição – Tabela 3 (Menegatti et al., 2002).

Tabela 5. Teor total de nitrogênio na parte aérea (acima de 35 cm do solo) do capim-Tanzânia (g/kg) no decorrer das estações do ano.

Tratamentos	Teor de N (g/kg)			
	Verão*	Outono*	Inverno*	Primavera*
Uréia	33,7	29,6	37,0	34,4
Super N	33,3	29,4	38,5	35,8
Uréia + Zeólita 12,5%	32,2	28,3	36,5	33,0
Uréia + Zeólita 25%	33,4	29,6	36,4	34,5
Uréia + Zeólita 50%	32,4	28,6	37,0	34,5
Adubação Foliar	32,9	28,7	33,6	33,1
75% Uréia + 25% Sulfato de Amônio	33,3	29,0	36,7	35,3
Nitrato de Amônio	32,6	29,3	36,8	34,8
Sem N	32,0	28,0	35,2	31,6
Média**	32,9 C	29,0 D	36,4 A	34,1 B

*Não significativo pelo teste de Tukey a 5%. **Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os teores de proteína bruta (PB) deste experimento estão mais altos (variando de 17,5 a 24,06%) que os normalmente citados na literatura para o capim-Tanzânia. Trabalhando com adubação nitrogenada e diferentes lâminas de irrigação em capim-Tanzânia, Cunha et al. (2007) encontraram valores de PB variando de 23,0 a 30,9%, quando analisaram somente as folhas, que contribuem de forma mais significativa para o aumento do teor de N. Os autores sugerem que estes altos teores estão relacionados com a qualidade inferior do colmo da forrageira que não foi colhido e, portanto, não utilizado para análise. Em áreas bem manejadas e adubadas a avaliação do teor protéico das forrageiras tropicais deve ser feita com muito cuidado, pois esses tipos de áreas podem atingir elevados teores de PB. Entretanto, esse alto teor de nitrogênio diagnosticado nas forrageiras pode induzir a conclusões errôneas como, por exemplo, acreditar que existe proteína em excesso à necessidade do animal. Nesses casos de teores elevados grande parte dessa proteína é nitrogênio não protéico, disponível 100% no rúmen, e de rápida hidrólise o que muitas vezes não permite uso pleno pelo animal e outra parte desse alto teor de PB não é degradável no rúmen, pois trata-se da fração C, que é indisponível para utilização do animal (Balsalobre et al, 2003).

Os teores de nitrogênio não protéico em relação ao nitrogênio total não apresentaram tendências de respostas entre tratamentos (Tabela 6). Entre estações, no verão ocorreu maior acúmulo de nitrogênio não protéico (44,3%), teor próximo ao sugerido por Kosloski (2002) como um limite extremo. Nos demais ciclos a quantidade de nitrogênio não protéico armazenado na parte aérea da planta em relação ao nitrogênio total variou de 31,3 a 35,1%. Estes valores estão acima dos relatados por Balsalobre (1996) com capim-elefante e dos citados por Lima et al. (1999) com capim-Tifton 85.

A quantidade de N a ser absorvida pela planta depende da disponibilidade deste nutriente e do crescimento e desenvolvimento do sistema radicular. Se existe pequena quantidade de N no campo a absorção depende da distribuição de N no solo e da forma geométrica de crescimento das raízes. Caso exista alta concentração de N no solo a taxa de crescimento é regulada internamente pela planta (Santos, 2004). A absorção de amônio e nitrato pode exceder a capacidade de assimilação da planta e, com isso, haver acúmulo de

N inorgânico que pode ser metabolizado posteriormente. O teor de nitrogênio não protéico é a somatória de amônio, aminoácidos, peptídeos e nitrato (Souza et al., 2006).

Dessa forma, evidencia-se que a disponibilidade de nitrogênio no solo excedeu a necessidade da planta o que implicou no seu armazenamento. O acúmulo de nitrogênio não protéico na forragem também pode ser relacionado com a redução na taxa de crescimento da planta durante períodos de restrição de crescimento (Corsi et al., 2007).

O armazenamento e acúmulo de nitrogênio não protéico nas plantas forrageiras podem causar efeitos negativos na nutrição dos ruminantes, pois altos níveis do mesmo na pastagem não são aproveitados pelas bactérias ruminais. É possível ainda que exista maior dispêndio energético por parte do animal para eliminar o excesso de nitrogênio não protéico ingerido, implicando em redução da produtividade de carne, leite ou lã.

Devido a alguns trabalhos encontrados na literatura acredita-se que outro ponto desfavorável ao acúmulo de nitrogênio não protéico em pastagens seja o aumento na ocorrência de surtos de insetos fitófagos, que se alimentam de tecidos vegetais (White, 1984 citado por Corsi et al., 2007), como por exemplo, cigarrinhas, que são umas das principais pragas das pastagens.

Tabela 6. Relação entre teor de nitrogênio não protéico (NNP) e teor total de nitrogênio (NT), expressa em (%), na parte aérea (acima de 35 cm do solo) do capim-Tanzânia no decorrer das estações do ano.

Tratamentos	NNP/NT (%)			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Uréia	35,8 b A	39,6 a A	31,5 ab A	30,2 ab A
Super N	69,7 a A	34,8 a B	31,4 ab B	32,2 ab B
Uréia + Zeólita 12,5%	88,9 a A	37,9 a B	28,4 ab B	33,5 ab B
Uréia + Zeólita 25%	32,9 b A	32,6 a A	29,3 ab A	42,9 a A
Uréia + Zeólita 50%	35,4 b AB	40,8 a A	29,0 ab B	30,1 b B
Adubação Foliar	35,2 b A	35,9 a A	21,4 b B	31,6 ab AB
75% Uréia + 25% Sulfato de Amônio	36,3 b A	39,4 a A	27,9 ab A	39,6 ab A
Nitrato de Amônio	33,7 b A	29,2 a A	38,9 a A	42,1 a A
Sem N	31,0 b AB	26,0 a B	43,5 a A	27,3 b B
Média	44,3 A	35,1 B	31,3 B	34,4 B

Letras diferentes maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os níveis de nitrato na parte aérea diferiram entre tratamentos e estações (Tabela 7). Para tratamentos não apresentaram tendências de respostas entre os mesmos. O maior acúmulo de nitrato na parte aérea ocorreu na primavera (0,11%) e o valor encontrado está abaixo dos teores entre 0,23 a 0,43% na matéria seca que são considerados tóxicos aos animais. O efeito da adubação nitrogenada na concentração e forma de nitrogênio presente na planta é influenciado diretamente pela dose de nitrogênio utilizada e intervalo existente entre aplicação de nitrogênio e amostragem da pastagem (Whitehead, 1995). As condições ambientais, tais como, temperatura e intensidade luminosa influenciam a atividade da enzima que reduz o nitrato na folha. Crocomo (2004) afirma que em baixas intensidades luminosas ocorre acúmulo de nitrato, pois há estímulo da enzima. E, situações onde ocorrem temperaturas próximas de 25 a 35°C, ocasionam redução na atividade enzimática que implica em baixas concentrações de nitrato nas folhas.

Tabela 7. Teor de nitrato na parte aérea (acima de 35 cm do solo) do capim-Tanzânia, expresso em mg/kg no decorrer das estações do ano.

Tratamentos	Nitrato (mg/kg)			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Uréia	798,7 a A	523,0 a AB	173,3 c B	897,8 bcd A
Super N	836,6 a AB	707,8 a AB	482,7 bc B	1046,8 bcd A
Uréia + Zeólita 12,5%	808,4 a A	617,6 a A	483,8 bc A	783,8 d A
Uréia + Zeólita 25%	662,9 a B	589,3 a B	960,3 a AB	1102,6 bcd A
Uréia + Zeólita 50%	725,0 a B	601,3 a B	505,2 bc B	1313,4 ab A
Adubação Foliar	591,2 a B	540,5 a B	380,6 bc B	1128,3 abc A
75% Uréia + 25% Sulfato de Amônio	666,6 a AB	427,1 a B	545,1 abc B	1007,0 bcd A
Nitrato de Amônio	780,4 a B	490,0 a B	766,1 ab B	1610,1 a A
Sem N	683,7 a AB	544,3 a AB	369,0 bc B	864,0 cd A
Média	728,2 B	560,1 BC	518,5 C	1094,9 A

Letras diferentes maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) não apresentou diferenças entre os tratamentos (Tabela 8). Entretanto, observa-se diferença entre as estações sendo que primavera e inverno obtiveram maior digestibilidade que verão e outono (Tabela 8). Os teores médios das estações estão de acordo com os dados apresentados por Alencar (2007). Em experimento de capim-Tanzânia irrigado, digestibilidade média da matéria seca de 72,4% são relatados por Cunha et al. (2007). Soria (2002) quando utilizou doses superiores

a 750 kg/ha de N obteve maiores valores de DIVMS, concluindo que a utilização de N confere, além de benefícios na quantidade de MS produzida, melhoria na qualidade da forrageira.

Tabela 8. Digestibilidade da matéria seca (DIVMS) da parte aérea (acima de 35 cm do solo) do capim-Tanzânia, expressa em %, no decorrer das estações do ano.

Tratamentos	DIVMS (%)			
	Verão*	Outono*	Inverno*	Primavera*
Uréia	64,6	63,8	70,4	69,7
Super N	64,0	64,1	70,6	68,7
Uréia + Zeólita 12,5%	65,6	64,5	66,9	69,1
Uréia + Zeólita 25%	65,4	62,9	68,0	68,9
Uréia + Zeólita 50%	65,1	62,2	68,2	68,9
Adubação Foliar	63,2	62,9	66,3	68,8
75% Uréia + 25% Sulfato de Amônio	63,9	63,3	69,4	68,2
Nitrato de Amônio	64,7	64,0	70,7	69,2
Sem N	65,6	64,3	68,7	67,5
Média**	64,7 B	63,6 C	68,8 A	68,8 A

*Não significativo pelo teste de Tukey a 5%.

**Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Não foi possível detectar tendências de respostas entre tratamentos para o parâmetro recuperação aparente de N (Tabela 9). A recuperação aparente do N é uma ferramenta que tem sido utilizada visando estimar a eficiência da adubação (Araújo et al., 2004). Sendo que a porcentagem de recuperação de N pelas plantas pode variar de acordo com as propriedades do solo, método de aplicação, dose de N e época da adubação, entre outras práticas de manejo (Diniz, 2007).

Valores de recuperação aparente superiores a 100% são possíveis uma vez que plantas adubadas podem explorar maior volume de solo e, portanto, acumular maiores quantidades de N (Cabezas et al., 2000). Outro motivo para valores acima de 100% é que a recuperação aparente calculada pelo método indireto (parcelas adubadas com N e parcelas não adubadas) não permite distinguir a origem do N absorvido pelas plantas, seja ele oriundo da fertilização ou do solo (Muraoka, 1991).

Tabela 9. Recuperação aparente de nitrogênio (%) no decorrer das estações do ano.

Tratamentos	Recuperação Aparente de N (%)			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Uréia	-13,1 a A	-93,4 bc B	24,5 a A	-26,1 a A
Super N	18,1 a A	36,8 a A	46,6 a A	-7,0 a A
Uréia + Zeólita 12,5%	-2,1 a AB	-39,9 bc B	35,1 a A	22,4 a AB
Uréia + Zeólita 25%	6,7 a AB	-50,6 bc B	34,6 a A	9,1 a AB
Uréia + Zeólita 50%	11,1 a A	-21,6 ab A	47,5 a A	-6,1 a A
Adubação Foliar	-147,2 b C	-361,4 d D	63,6 a A	-39,5 a B
75% Uréia + 25% Sulfato de Amônio	-2,0 a AB	-70,2 bc B	30,3 a A	-8,6 a AB
Nitrato de Amônio	-28,8 a A	-101,7 c B	34,9 a A	-4,0 a A
Sem N	----	---	---	---
Média	-19,7 A	-83,8 B	39,6 A	-7,2 A

Letras diferentes maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Grande parte do N aplicado no solo e recuperado no sistema solo-planta fica retido em partes não consumíveis da pastagem, sistema radicular, e solo. Em experimento onde se avaliou essa recuperação média obteve-se 29, 39 e 72% de N recuperado para parte aérea, sistema radicular mais solo e sistema solo mais planta, respectivamente (Martha Júnior et al., 2004b). Avaliando a recuperação de N da uréia da planta inteira, Oliveira et al. (2003) não detectaram diferenças entre os adubos e formas de aplicação testados. Entretanto, quando comparou-se a quantidade de N presente isoladamente em cada componente da planta, observou-se maior recuperação do N na coroa da forrageira. Mostrou-se dessa forma a necessidade de maiores esclarecimentos dos mecanismos de perdas de N e, com isso, criação de estratégias que aumentem eficiência na utilização de N, bem como a existência de influência do nitrogênio residual no solo na resposta da forrageira.

A recuperação aparente de N neste experimento foi calculada a partir da extração de N, onde se subtraiu o N extraído da parcela testemunha do N extraído da parcela adubada (Primavesi et al., 2001). Ao contrário de muitos dados existentes na literatura, neste experimento grande parte dos dados de recuperação aparente são negativos (Tabela 11), demonstrando que a planta testemunha, que não recebeu adubação nitrogenada, extraiu mais nitrogênio que as plantas fertilizadas. Dessa forma, evidencia-se que pastagens altamente adubadas e manejadas intensivamente durante muitos anos têm apresentado efeito residual de nitrogênio no solo e nas estruturas de reserva das plantas.

Portanto, o uso contínuo e intensivo de adubações nitrogenadas tem provocado alterações na morfofisiologia das pastagens e na fertilidade do solo. Em áreas intensivamente adubadas e manejadas por um longo período de tempo é necessário rever alguns conceitos, pois a aplicação de fertilizantes nitrogenados podem não influenciar produtividade e qualidade, como aconteceu neste experimento.

Conclusões

Não foi possível relacionar fonte ou forma de aplicação do fertilizante nitrogenado com desempenho quantitativo e/ou qualitativo da pastagem, pois áreas já intensivamente manejadas e adubadas podem ter a resposta da planta alterada devido a interferências de adubações anteriores mantendo reservas de N no sistema solo-planta. O tratamento sem adubação nitrogenada apresentou produção e qualidade de forragem semelhante aos demais adubos nitrogenados avaliados neste experimento. Dessa forma, em áreas com esse histórico seria possível recomendar redução ou até mesmo a suspensão temporária na quantidade de fertilizante nitrogenado adicionado na pastagem. Entretanto, é necessário que essas recomendações sejam feitas com cuidado, visto que condições edafoclimáticas locais, tecnologias e manejos adotados na propriedade influenciam na resposta da forrageira.

Literatura Citada

- ALENCAR, C. A. B. **Produção de seis gramíneas forrageiras tropicais submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio na região leste de Minas Gerais.** Viçosa, 2007. 137p. Tese (doutorado em engenharia agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.
- ARAÚJO, L. A. N. et al. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.771-777, ago/2004.
- BALSALOBRE, M. A. A. Desempenho de vacas em lactação sob pastejo rotacionado de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). Piracicaba, 1996. 139p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.
- BALSALOBRE, M. A. A. et al. Inovações tecnológicas, investimentos financeiros e gestão de sistemas de produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 19., 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002.

- BALSALOBRE, M. A. A. et al. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do capim tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.519-528, 2003.
- BARTHOLOMEW, W. V. ^{15}N in research on the availability and crop use of nitrogen. In: IEA, Nitrogen-15 in soil-plant studies. Viena: IAEA, 1971. p.1-20.
- CABEZAS, W. A. R. L. et al. Balanço nitrogenado da adubação sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, n.2, p.363-376, 2000.
- CABEZAS, W.A.R. et al. Volatilização de N-NH_3 na cultura do milho: II Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.3, p.489-496, 1997.
- CARDOSO, A. N. **Manejo e conservação do solo na cultura da soja**. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. M. (Ed.). Cultura da soja nos cerrados. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 71-104.
- CORSI, M.; NUSSIO, L.G. Manejo do capim elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p.87-115.
- CORSI, M. et al. Nitrogênio e enxofre em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPNI-Brasil, 2007. p.487-518.
- CROCOMO, O.J. Assimilação do nitrogênio pelas plantas. In: FERRI, M.G. (Coord.) **Fisiologia Vegetal**. 2.ed.rev. e atual. São Paulo: EPU, 2004. p.181-209.
- CUNHA, F. F. et al. Composição bromatológica e digestibilidade “in vitro” da matéria seca do capim tanzânia irrigado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.2, p.25-33, apr/june 2007.
- DINIZ, L. T. **Efeito da adubação nitrogenada, via fertirrigação, no nitrogênio da biomassa microbiana do solo e na qualidade de grãos de cevada**. Brasília, 2007. 115p. Dissertação (mestrado em ciências agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília.
- KOSLOSKI, G.V. **Bioquímica de ruminates**. Santa Maria: UFSM, 2002.
- LEMOS, S. G.; NOGUEIRA, A. R. A. **Determinações de formas inorgânicas de nitrogênio por análise em fluxo**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2002. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1).

- LIMA, G. F. C. et al. Concentração e fracionamento do nitrogênio em gramíneas tropicais e subtropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, Porto Alegre, 1999. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. (1 CD-ROOM).
- MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional de plantas:** princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafós, 1997.
- MARTHA JUNIOR, G.B. et al. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MAENJO DE PASTAGENS, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.155-215.
- MARTHA JUNIOR, G.B. et al. Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. **Grass and Forage Science**, v.59, 2004b. p.80-90.
- MENEGATTI, D. P. et al. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de três gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, n.3, p. 633-642, mai/jun 2002.
- MOREIRA, F.M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002.
- MURAOKA, T. Uso de técnicas isotópicas em fertilidade do solo. In: Oliveira, A.J. et al. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa, SEA, 1991. p.225-273.
- NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios:** solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.
- OLIVEIRA, P. P. A. et al. Balanço do nitrogênio (^{15}N) da uréia nos componentes de uma pastagem de capim-marandu sob recuperação em diferentes épocas de calagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1982-1989, 2007 (supl.).
- OLIVEIRA, P. P. A.; et al. Adubação foliar nitrogenada substitutiva em pastagens irrigadas de *Panicum maximum* cv. Tanzânia . In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 2, Curitiba, 2004. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2004.
- OLIVEIRA, P. P. A.; et al. Aspectos produtivos da fertilização foliar nitrogenada em pastagem de "Panicum maximum" cv. Tanzânia irrigada durante um ano de avaliação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. (1 CD-ROOM).
- OLIVEIRA, P.P.A. et al. Eficiência da fertilização nitrogenada com uréia (^{15}N) em Brachiaria brizantha cv Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e

- cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.613-620, 2003.
- PENATI, M. A. et al. Número de amostras e relação dimensão: formato da moldura de amostragem para determinação da massa de forragem de gramíneas cespitosas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.36-43, 2005.
- PRIMAVESI, O. et al. **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv Coast-cross sob manejo rotacionado: eficiências e perdas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. (Circular Técnica, 30).
- PRIMAVESI, O. et al. **Microbacia hidrográfica do Ribeirão Canchim: um modelo real de laboratório ambiental**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1999. (Boletim de Pesquisa, 5).
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Agronômica Ceres Ltda, 1991. p. 71-86.
- SANTOS, P.M. Aspectos fisiológicos e metabólicos da nutrição nitrogenada de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.139-154.
- STATISTICAL ANALYSIS – SAS. **User's Guide**. Version 6.11, 4.ed, v.2. Cary: 1996.
- SORIA, L. G. T. Produtividade do capim tanzânia (*Panicum máximum* cv Jacq. cv. Tanzânia) em função da lâmina de irrigação e de adubação nitrogenada. 2002. 170p. Tese (doutorado em) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.
- SOUZA, G. B. et al. **Avaliação e aplicação de métodos de análise para o fracionamento do nitrogênio em amostras de alimentos para animais**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).
- TILLEY, J. M. A; TERRY, R. A. A. A two stages technique for “*in vitro*” digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, Oxford ,v.18, n.2 p.104 -111, 1963.
- WERNER, J.C. et al. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. (Boletim Técnico 100).
- WHITHEAD, D.C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. 397p.

CAPÍTULO 4. IMPLICAÇÕES

IMPLICAÇÕES

Nos trópicos as maiores perdas oriundas da adubação nitrogenada são as emissões gasosas. A mensuração dessas perdas é fundamental para a compreensão das interações solo–fertilizante–planta, visto que a ineficiência no uso dos fertilizantes nitrogenados está diretamente relacionada com esse tipo de perda. Coletores de amônia com menor interferência no ambiente, reduzido custo de aquisição, quando comparado aos demais, e fácil manuseio podem aumentar as avaliações de perdas por volatilização de fertilizantes nitrogenados. Sendo possível, dessa forma, aumento no conhecimento das relações existentes entre solo-adubo-planta, e, com isso, possibilidades de recomendações adequadas sobre a escolha e o manejo do adubo nitrogenado, de forma a ocorrer equilíbrio entre a necessidade de N da planta, o custo econômico do fertilizante nitrogenado e a sustentabilidade do meio ambiente.

Na atual conjuntura do mercado, com o elevado preço dos fertilizantes, técnicas que possibilitem reduzir a quantidade de adubo a ser aplicado nas pastagens ou então, que diminuam as perdas por volatilização e, conseqüentemente, aumentem a disponibilidade de N para absorção das plantas seriam facilmente aceita pelos produtores. Neste experimento em função das taxas de volatilização obtidas, constatou-se que a utilização de nitrato de amônio aplicado a lanço e uréia dissolvida em água e pulverizada via foliar como fertilizantes nitrogenados possuem as menores perdas por volatilização e poderiam, dessa forma, fornecer maior aporte de N para a pastagem refletindo, portanto, em maior produção e qualidade de massa verde.

A utilização de uréia via aplicação foliar apresenta algumas vantagens sobre o nitrato de amônio aplicado via solo. A uréia é o adubo nitrogenado mais usado devido ao menor custo em relação às demais fontes e, além de preço reduzido, é um fertilizante facilmente encontrado. Mais um ponto favorável é que a quantidade recomendada para aplicação via foliar representa apenas 30% da dose aplicada via solo. Enquanto para aplicação no solo sugere-se 50 kg/ha de N, para aplicação foliar a dose recomendada é 15 kg/ha de N.

Variáveis quantitativas e qualitativas de pastagens tropicais historicamente manejadas de forma intensiva podem apresentar alterações nas respostas da forrageira, possibilitando alcançar altas produtividades sem a ocorrência ou redução de adubações nitrogenadas. Essas interferências nas respostas da pastagem ao estímulo das adubações nitrogenadas podem ser devido a interferências de adubações anteriores, que podem ter permitido a constituição de reservas de N no sistema solo-planta. Os altos níveis de N detectados na parte aérea permitem concluir que a diagnose foliar do teor de N de pastagens pode servir como indicativo da quantidade de adubo nitrogenado a ser utilizado, pois teores foliares acima de 25 g de N/ kg de MS podem sugerir excesso de N aplicado via adubação. A quantidade, qualidade e tempo de incorporação da matéria orgânica no solo também podem induzir a menor aplicação de N via adubo, visto que quando a matéria orgânica do solo passa pelo processo de mineralização está ocorrendo liberação de N no sistema solo-planta. Áreas manejadas intensivamente por longos períodos tendem a altos teores de matéria orgânica no solo e, com isso, as doses do fertilizante nitrogenado a ser aplicado podem ser reduzidas. É necessário também considerar o tipo de solo onde a pastagem está implantada, pois é um dos fatores que também podem contribuir para a formação da reserva residual de nutrientes via adubação. Solos argilosos têm maiores probabilidades de ter maior influência de fertilizações anteriores e maior intensidade nas alterações que solos arenosos.

Contudo, recomendações para adubação nitrogenada em áreas de manejo intensivo por longos períodos devem ser mais criteriosas, pois condições edafoclimáticas locais, histórico da área, tecnologias e manejos adotados em cada propriedade influenciam na resposta da forrageira.

ANEXOS

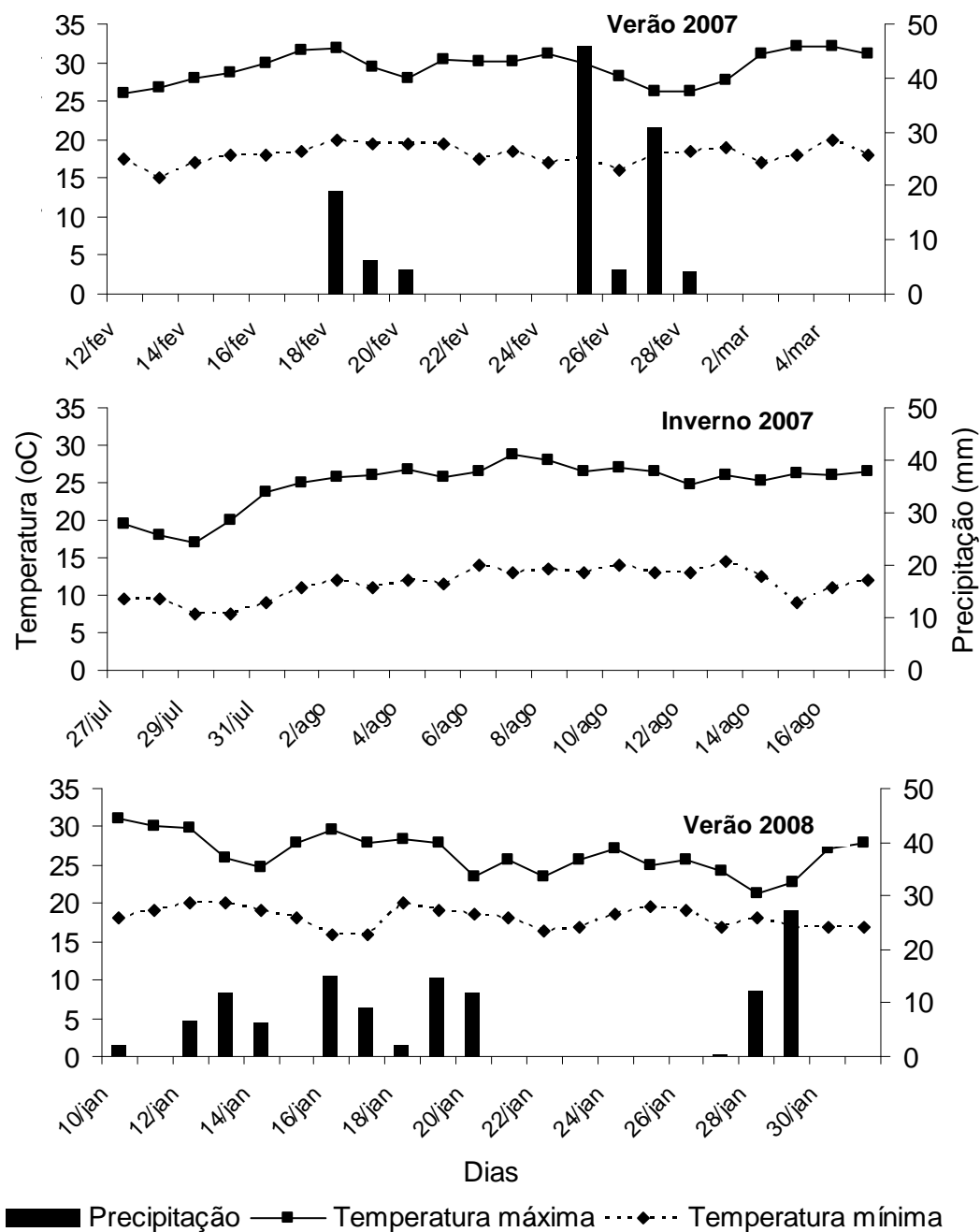


Figura 1. Precipitação diária e médias de temperatura (máxima e mínima) para as épocas de coleta de dados para volatilização de amônia, verão 07, inverno 07 e verão 08.

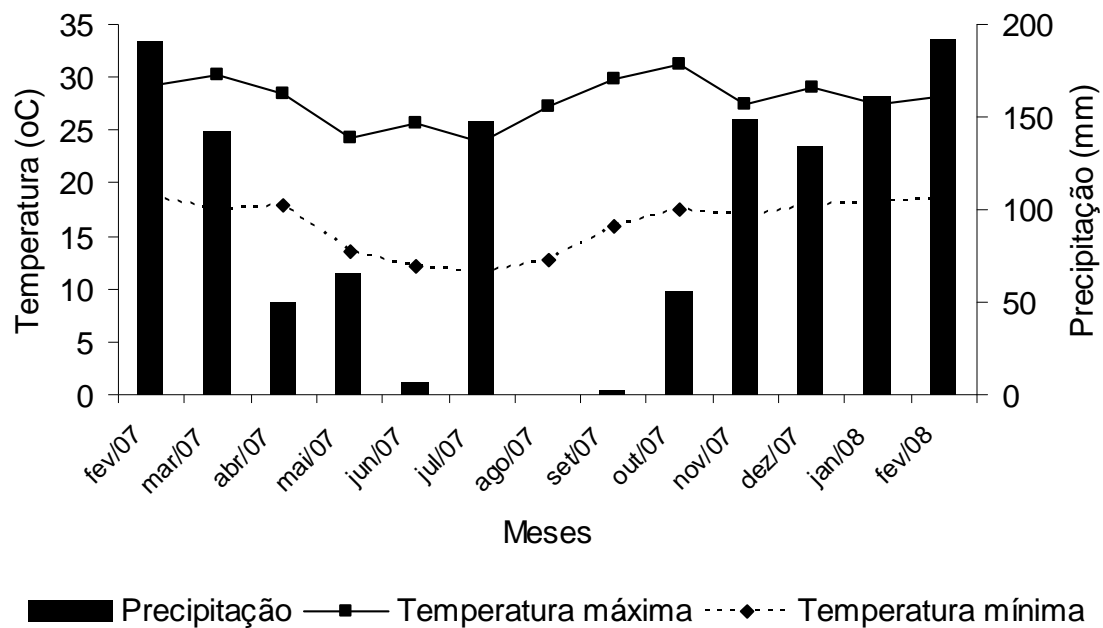


Figura 2. Precipitação mensal e médias de temperatura (máxima e mínima) no período de fevereiro de 2007 a fevereiro de 2008.