

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

**PERDAS DE N-NH₃ VOLATILIZADO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO, NA
CULTURA DO MILHO, EM DOIS SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO.**

JÚLIO CÉSAR VILELA JUNQUEIRA

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia, na Universidade Federal
de Uberlândia, para obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia – MG

Novembro – 2000

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

**PERDAS DE N-NH₃ VOLATILIZADO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO, NA
CULTURA DO MILHO, EM DOIS SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO.**

JÚLIO CÉSAR VILELA JUNQUEIRA

ORIENTADOR PROF. DR. WALDO ALEJANDRO RUBÉN LARA CABEZAS

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia, da Universidade Federal
de Uberlândia, para obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia – MG
Novembro - 2000

PERDAS DE N-NH₃ VOLATILIZADO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO, NA CULTURA DO MILHO, EM DOIS SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO.

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 10/11/2000

Prof. Dr. Waldo A. R. Lara Cabezas

Orientador

Eng^a Agr^a M.S. Célia Rodrigues N. Komatuda

Conselheira

Prof. Dr. Fernando Campos Mendonça

Conselheiro

Uberlândia – MG

Novembro – 2000

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus, pela benção da vida, pelo acerto na escolha da profissão e pela oportunidade de cumprir meu destino.

Agradeço especialmente aos meus pais Waldomiro S. Junqueira e Maria Vilela Junqueira, pelo amor, carinho, compreensão e principalmente por servirem de espelho, pois a maior alegria de um filho, é se assemelhar aos pais. Serei sempre grato ao meu querido irmão Tomáz, com quem compartilhei a infância, cresci adorando e agora divido esta alegria, e também a todos meus familiares que me apoiaram nas decisões e realizações. Agradeço a minha namorada Caroline, pelo amor, carinho, atenção, dedicação e principalmente pela paciência de tanto ouvir sobre esse trabalho.

Agradeço imensamente ao meu orientador Prof. Dr. Waldo A. R. Lara Cabezas, pelas orientações, ensinamentos, amizade, confiança e paciência para a conclusão desse trabalho.

Agradeço aos meus conselheiros Eng^a Agr^a M.S. Célia Rodrigues Nogueira Komatuda, e Prof. Dr. Fernando Campos Mendonça, pelo auxílio prestado, que muito contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

Aos funcionários do laboratório de análises de solos (Manoel, Marinho, Gilda, Eduardo e Carmem), e também ao Aires, técnico do Instituto, por toda sua disposição e amizade demonstrada durante o curso.

Tenho muita gratidão pela Fazenda Floresta do Lobo - Pinusplan, representada pelo gerente Antônio Mauro, que sempre teve muita educação, paciência, atenção, eficiência e prazer em contribuir com sua ajuda na realização dos trabalhos.

Aos amigos: Dieikson Rodrigues, Murilo Arruda, Bruno Fabrício Alvarenga, Gustavo Cardoso Chaves, e a toda XX turma de Agronomia, na qual crescemos juntos nesses anos e aprendemos a ser unidos, porque nos tornamos uma família.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Localização e caracterização.....	16
3.2. Instalação dos coletores e condução da fase de campo.....	20
3.3. Extração e aferição das amostras em 50 ml.....	22
3.4. Destilação e titulação.....	22
3.5. Cálculo do nitrogênio bruto presente na alíquota (NVa br.).....	24
3.6. Cálculo do nitrogênio volatilizado líquido (NVa líq.).....	24
3.7. Cálculo da taxa média do Nva (TmNva).....	25
3.8. Percentagem de eficiência de um coletor semi-aberto estático (E).....	25
3.9. Cálculo do nitrogênio volatilizado total (NVt).....	25
3.10. Cálculo do nitrogênio volatilizado total acumulado (NVt ac.).....	26
3.11. Cálculo do nitrogênio amoniacal volatilizado, em relação percentual do nitrogênio aplicado (N-NH ₃ / % N aplic.).....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5. CONCLUSÕES.....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
APÊNDICE.....	37

Resumo

Este experimento foi realizado sob um Latossolo Vermelho – Escuro, distrófico e muito argiloso, na Fazenda Floresta do Lobo – Pinusplan, a cerca de 25 km de Uberlândia, no sentido Uberlândia-Uberaba, no ano agrícola de 98/99 na a cultura do milho, com o intuito de quantificar as perdas por volatilização do nitrogênio amoniacal, decorrente da aplicação de 70 kg/ha de N (uréia e sulfato de amônio), 15 dias antes da semeadura utilizando a semeadora-adubadora desprovida dos depósitos e acessórios da semente, incorporando o adubo a uma profundidade de aproximadamente 7 a 10 cm, fazendo sulcos de 50 cm de espaçamento entre linhas. Após 18 dias da semeadura, foi realizada uma aplicação de 30 kg/ha de N (sulfato de amônio) na cobertura em superfície.

A cada adubação foram instalados 7 coletores em cada sistema de semeadura, cada um contendo 2 discos absorvedores, sendo que o superior impede a interferência do nitrogênio atmosférico, e o inferior capta a amônia volatilizada.

Em cada sistema, 2 coletores foram instalados em locais que não receberam adubação nitrogenada, servindo para quantificar o que o solo perde naturalmente. Os

discos absorvedores eram embebidos com ácido sulfúrico e glicerina farmacêutica, permitindo a retenção da amônia volatilizada na forma de sulfato de amônio, e foram coletados aproximadamente num intervalo de quatro em quatro dias, identificados e armazenados a -18°C .

Após a realização de 6 coletas na pré-semeadura e 5 na cobertura, deu-se início à fase de laboratório, onde foi realizada a extração, destilação e titulação, tornando possível a determinação do nitrogênio contido em cada disco absorvedor.

O valor acumulado da volatilização da amônia em relação à percentagem de nitrogênio aplicado na adubação de pré-semeadura, nos sistemas de solo preparado e semeadura direta foram de 0,45 % e 1,18 % respectivamente. Da mesma forma, na adubação de cobertura em superfície, os dois sistemas apresentaram valores de 11,87 % e 13,95 % respectivamente para solo preparado e semeadura direta.

Realizando o teste de t de Student, onde estatisticamente foi avaliado contrastes entre as duas médias acumuladas nos dois sistemas de semeadura, ficou definido que para os dados relativos a adubação de pré-semeadura, que apresentaram grau de liberdade 10, o valor encontrado de t foi de 1,55 e o valor de t tabelado a uma probabilidade de 5% era 2,23. Para a adubação de cobertura, cujo grau de liberdade era 8, observou-se que o valor encontrado de t foi 0,23 e o valor tabelado referente a 5 % de probabilidade era 2,31.

Contudo, pôde-se concluir que, como os valores de t-tabelados não foram superados pelos valores de t-calculados através das médias acumuladas, não houve diferença significativa nas perdas de N-NH_3 na adubação de pré-semeadura da cultura do milho, o mesmo sendo verificado na adubação de cobertura em superfície.

1. INTRODUÇÃO

Em uma análise histórica Borges (1996), cita que a entrada do milho no sistema de plantio direto ocorreu principalmente em meados da década de oitenta, assumindo importante papel na rotação de culturas, atividade essencial para a prática do plantio direto. Essa presença tardia deve-se principalmente às questões estruturais, econômicas e culturais, porque o cultivo do milho em grandes áreas exige mudanças de ordem mental e técnica, além uma nova estrutura de colheita e comercialização. A cultura do milho viabilizou por completo o sistema de plantio direto, devido principalmente a quebra no ciclo de pragas e doenças na cultura da soja, importante cultura extensiva no Brasil.

Com o intuito de tornar-se mais eficiente, o produtor dispõe de diversas práticas tecnológicas, tais como: uso de sementes híbridas e/ou melhoradas, cultivo em solos mais apropriados (férteis e mecanizáveis), melhoria na estrutura e no desempenho das máquinas, uso intensivo e consciente de insumos, porém, uma das mais importantes é a adubação, na

qual se adicionam nutrientes em níveis proporcionais à fertilidade natural de suas terras, promovendo o equilíbrio do solo e otimizando a absorção desses nutrientes pela planta.

Segundo Malavolta (1997), o nitrogênio possui papéis fundamentais na planta, como por exemplo, o estímulo para formação e desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, e também na fase vegetativa, aumentando o perfilhamento e o teor de proteína na planta.

A adubação nitrogenada exige certas peculiaridades no sistema plantio direto, pois a utilização da uréia como fonte de nitrogênio, em adubações de cobertura superficial, pode levar a uma expressiva volatilização de amônia, devido à alta incidência da enzima *urease* presente na palhada de cobertura. A volatilização consiste na passagem do nitrogênio da forma de amônio (NH_4^+) para a forma de amônia (NH_3), sendo que esta última, encontra-se principalmente no estado gasoso. As diversas fontes de nitrogênio existentes no mercado possuem diferenças em sua constituição química, modificando as afinidades de suas ligações químicas e diferindo, portanto, na capacidade de manter o nitrogênio na forma de amônio ou nitrato, que são menos voláteis.

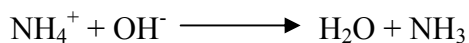
De acordo com levantamentos estatísticos realizados pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento – M. A. (2000), a produtividade média brasileira de milho aumentou de 1.841kg/ha em 1990, para 2.600 kg/ha na safra de 1999/2000, o que indica ter ocorrido mudanças, ainda que pequenas, de ordem tecnológica e sócio-econômica de nossos produtores, contudo, ainda não alcançamos níveis satisfatórios pela capacidade produtiva de nosso país, principalmente por ainda dependermos de importações, ficando sujeitos a

concorrência desleal com os países exportadores, os quais possuem subsídio econômico em sua política agrícola.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo quantificar a perda de amônia por volatilização, do sulfato de amônio e uréia aplicados incorporados em pré-semeadura e do sulfato de amônio aplicado na cobertura em superfície, sob dois sistemas de semeadura: plantio direto e em solo preparado, ambos na cultura do milho.

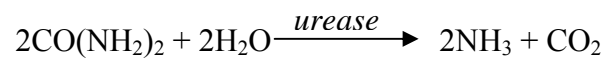
2. REVISÃO DE LITERATURA

As formas de nitrogênio preferencialmente absorvidas pelas plantas são, amônio (NH_4^+) e o nitrato (NO_3^-), e um dos maiores problemas encontrados na eficiência das adubações nitrogenadas é a volatilização, que consiste na transformação da estrutura química presente no fertilizante ou no solo, para a forma de amônia (NH_3), a qual é extremamente volátil e pode ser representada assim:



Segundo Raij (1991) a uréia necessita de atenção especial, ao ser utilizada em épocas com temperatura elevada, baixa umidade relativa do ar, e quando aplicado superficialmente no solo, ela entra em contato direto com a enzima *urease*, presente em

fungos, bactérias e actinomicetos, ou seja, em solos mais ricos em matéria orgânica, favorecerá o processo de hidrólise da uréia, e transformará o amônio contido no fertilizante em amônia, o que nos permite concluir que a melhor forma de se utilizar a uréia, é incorporada ou levada para dentro do solo pela água. Podemos definir de forma resumida a reação catalizadora da *urease* sobre a uréia, com a seguinte expressão:



A uréia, apesar de possuir grande quantidade de nitrogênio e possivelmente a mesma eficiência que outros fertilizantes nitrogenados, porém com escassez de outros nutrientes, segundo Silva et al. (1995), as perdas por volatilização possuem possibilidade de ocorrência em até 96 % do N aplicado, o que implica em problemas de ordem econômica e ambiental.

Segundo Corsi apud. Aguiar (1998), as perdas por volatilização na adubação nitrogenada, podem chegar a até 30 % do N adicionado às pastagens, quando aplicado na cobertura em superfície.

De acordo com Malavolta (1991), a probabilidade de perda de amônia do adubo aplicado em superfície por volatilização, é dependente de vários fatores, como por exemplo, a natureza do próprio fertilizante, do pH, da umidade do solo e do ar, da temperatura, da uniformidade da superfície, da movimentação do ar, do tamanho do grânulo, dentre outros.

Em estudos realizados em laboratório, Rodrigues & Kiehl apud. Silva et al. (1995), determinaram que as perdas de NH_3 por volatilização diminuem com a incorporação e a localização da uréia no solo, ou seja, foram menores quando a uréia foi incorporada a 5 cm de profundidade, e maiores quando deixadas à superfície, sendo que estas perdas, também aumentam com o aumento do nível de N aplicado.

Conforme Silva et al. (1995), utilizando três tipos diferentes de solos, com classificação de podzol (P), latossolo amarelo álico (LAa) e terra roxa estruturada álico (TEa) e incorporando uréia a 10 cm de profundidade, detectaram que em todos os níveis de N aplicados, houve grande redução nas perdas por volatilização, devido à incorporação localizada, possivelmente pelo contato mais efetivo das partículas do solo com a uréia, e em todos os níveis de N e métodos de aplicação, foi na TEa que ocorreram as menores perdas, provavelmente por ser um solo mais argiloso e possuir uma capacidade de troca catiônica (CTC) maior que os demais.

A incorporação da uréia ao solo, contudo, nem sempre é possível, como nas aplicações em cobertura, nas pastagens e no plantio direto, que está sendo adotado por um número cada vez maior de produtores e, segundo Bartz (2000), o uso de fontes de sulfato e nitrato de amônio tem contribuído para diminuir a quantidade de uréia aplicada à superfície por apresentar perdas de 20 a 30 % de N, devido a presença de resíduos vegetais não decompostos, o que vem a diminuir o contato solo x fertilizante e estimula o processo de volatilização de amônia.

Conforme Sengik & Kiehl (1995), no Brasil até há pouco tempo, nenhum trabalho havia sido desenvolvido com a finalidade de estudar a eficiência dos sais inorgânicos em

controlar as perdas de amônia por volatilização. Os resultados obtidos no exterior, quase sempre em países de clima temperado, não são totalmente aplicáveis às nossas condições, em vista da natureza mineralógica de nossos solos tropicais.

Em laboratório, Kiehl apud. Sengik & Kiehl (1995), verificou que o $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ foi o aditivo que mais contribuiu para reduzir as perdas de amônia por volatilização, apresentando uma diminuição em até 53 %.

Segundo Lara Cabezas et al. (1997), tanto no sistema de semeadura direta ou com solo preparado, as perdas de N-NH_3 por volatilização foram expressivas quando aplicadas respectivamente, sobre a palhada de aveia-preta e na superfície do solo. As fontes de nitrato de amônio e sulfato de amônio apresentaram perdas inferiores a 15 % do nitrogênio aplicado na superfície, em ambos os sistemas de semeadura. Dentre as cinco fontes de nitrogênio analisadas: sulfato de amônio; nitrato de amônio; uréia; uran e sulfuran, a produtividade do milho não se alterou mediante as diferenças observadas na volatilização.

Entre os diversos métodos utilizados para estimar perdas por volatilização do nitrogênio amoniacal oriundo do solo, podemos destacar alguns que permitem quantificá-las, sem interferir na atmosfera próxima ao solo, como é o caso dos micrometeorológicos (direto) e por balanço do isótopo ^{15}N (indireto). Utilizando o método do isótopo ^{15}N , Lara Cabezas et al. (1999), realizaram uma série de experimentos visando calibrar a eficiência de um coletor semi-aberto estático modificado de Nömmik (1973b), para determinar a volatilização da amônia proveniente do fertilizante, estimando uma condição de ambiente natural, ou seja, como se a presença do coletor não interferisse em ventos, temperatura ou equilíbrio de gases formado no interior da câmara do coletor, permitindo possíveis falhas

na retenção da amônia, permitindo seu escape pela porosidade do solo, ou por condensações de água evaporada do solo, que fica na parede da câmara do coletor. Ainda neste trabalho, ficou evidenciado que, a correlação entre a eficiência do coletor com a taxa média de nitrogênio amoniacal volatilizado ($E \times TmNVa$), para fertilizantes que não possuam o isótopo ^{15}N , são melhores evidenciados por um modelo matemático $y = ax^b$, satisfazendo as seguintes conclusões: $E = 148,58 \times (TmNVa)^{1,52}$, para valores menores que $0,37 \text{ mg d}^{-1}$ de $N-NH_3$; $E = 37,06 \times (TmNVa)^{0,12}$, para valores iguais ou maiores; e através da calibração, pôde-se constatar que para perdas menores que $0,17 \text{ mg d}^{-1}$ de $N-NH_3$ na prática deve-se usar uma eficiência de 10%. Portanto, essa metodologia, além de suas facilidades e apresentar custo baixo em relação às outras, estima fielmente as perdas de nitrogênio amoniacal volatilizado em condições de campo.

A quantificação da perda de nitrogênio para a atmosfera é de suma importância para a escolha da fonte de matéria prima, e como ela deve ser utilizada, procurando obter maior eficiência na adubação, evitando a indisponibilidade deste nutriente para a planta, o que pode conferir uma diminuição na produtividade, além de onerar o custo total da cultura, como cita Lara Cabezas (2000), em que os resultados de um experimento conduzido no ano agrícola de 93/94 apresentaram decréscimo de produtividade na ordem de $19,3 \text{ kg/ha}$ de grãos para cada quilograma de nitrogênio volatilizado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização

O experimento foi conduzido na Fazenda Floresta do Lobo – PinusPlan, na rodovia BR-050, km 25, município de Uberlândia-MG. O solo desse local é classificado como um Latossolo Vermelho – Escuro, distrófico, muito argiloso, cujas características química e granulométrica encontram-se no Quadro-1.

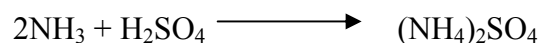
O campo de experimento foi dividido em dois sistemas de semeadura, em solo preparado e em plantio direto. Cada sistema era composto por quatro blocos, onde cada bloco possuía duas parcelas adubadas com nitrogênio e duas sem adubação nitrogenada. Dentre as parcelas adubadas e não adubadas duas estavam em sucessão ao milheto (*Pennisetum americanum*) e duas ao nabo forrageiro (*Raphanus sp*).

Quadro 1. Caracterização química e granulométrica do LED - local do experimento

Prof.	pH (água)	P (Mehl.1)	K	CTC	V	MO	Granulometria		
							Argila	Silte	Areia
cm		mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³		%		g dm ⁻³		
<i>Sistema Plantio Direto</i>									
0--10	5,9	25,7	2,1	81,1	58	43	710	185	105
10--20	5,6	9,5	1,3	70,7	49	40	740	125	135
20--40	5,2	1,8	0,6	53,1	24	38	740	125	135
<i>Sistema Solo Preparado</i>									
0--20	5,9	15,5	1,4	80,2	60	41	720	160	120

(1) Análises realizadas no Laboratório de Solos e Corretivos do Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Uberlândia, MG.

Tanto na adubação de pré-semeadura, como na de cobertura em superfície, foram distribuídos 14 coletores, 7 no plantio direto e 7 em solo preparado, diferenciados entre si por números aleatórios. Cada coletor possuía dois discos de poliuretano, conforme ilustração na Figura-1, os quais foram embebidos com uma solução de H₂SO₄ 0,5N + 3 % (v/v) de glicerina farmacêutica, portanto, a amônia volatilizada reagia com o ácido sulfúrico contido neles transformando-o em sulfato de amônio, conforme a seguinte reação, e a glicerina funcionava como um surfactante, impedindo a evaporação e/ou escorrimento da solução retida nos discos.



Os coletores foram distribuídos de forma aleatória na adubação de pré-semeadura, já na adubação de cobertura superficial, se localizaram onde foi colocada uma proteção plástica no solo, impedindo a adubação a lanço realizada pela máquina, para que se tenha exatidão na quantidade de sulfato de amônio adicionado, na área de cada coletor.

A instalação foi feita nas parcelas que receberam adubação nitrogenada, sob palhada superficial de nabo forrageiro e/ou em sua sucessão, pois no caso do sistema de solo preparado faz-se a incorporação dos restos culturais, portanto, nas parcelas pertencentes à rotação B, e para que não houvesse outra variável que seria a rotação A, sob palhada de milheto; apesar de Nunes (1998), constatar que não houve diferença significativa na volatilização de N-NH₃ proveniente de uréia e sulfato de amônio, quando comparado entre a palhada de uma gramínea (*Zea mays*) e a de uma leguminosa (*Crotalaria sp*), porém constatou diferenças entre as fontes de nitrogênio. Portanto, a distribuição dos coletores fica melhor e evidenciada nos Quadros 2 e 3 que se seguem.

Entre os coletores instalados, 4 deles (2 em cada sistema de semeadura), receberam denominação de “Controle”, e serviram de testemunhas, portanto, se localizaram em áreas que não receberam adubação nitrogenada, com o intuito de manifestar a perda de amônia natural do solo, ou seja, determinar a perda de amônia que não seja decorrente de adubação nitrogenada, para que posteriormente possamos determinar a perda real de nitrogênio decorrente da adubação nitrogenada.

Quadro 2. Distribuição dos coletores na rotação B, em sistema de plantio direto e nas duas épocas da aplicação de N, na área experimental.

Sistema de Semeadura	Aplicação de N	Bloco	Parcela	Nº do coletor	
PD ⁽¹⁾	PSI ⁽²⁾	I	4	9 e 24	
		II	3	17	
		III	4	11	
		IV	3	05	
	Controle	-----	-----	26	
		-----	-----	60	
	CS ⁽³⁾	-----	I	4	71
			II	3	76
			III	4	75
			IV	3	65 e 96
Controle		-----	-----	26 e 23	

⁽¹⁾ PD – Plantio Direto; ⁽²⁾ PSI – Pré-semeadura Incorporada; ⁽³⁾ CS – Cobertura superficial.

Quadro 3. Distribuição dos coletores na rotação B, em sistema de solo preparado e nas duas épocas da aplicação de N, na área experimental.

Sistema de Semeadura	Aplicação de N	Bloco	Parcela	Nº do coletor	
SP ⁽¹⁾	PSI ⁽²⁾	I	4	61 e 18	
		II	3	23	
		III	4	15	
		IV	3	02	
	Controle	-----	-----	01	
		-----	-----	07	
	CS ⁽³⁾	-----	I	4	69
			II	3	61 e 24
			III	4	07
			IV	3	17
Controle	-----	-----	60 e 15		

(¹) SP – Solo Preparado; (²) PSI – Pré-semeadura Incorporada; (³) CS – Cobertura superficial.

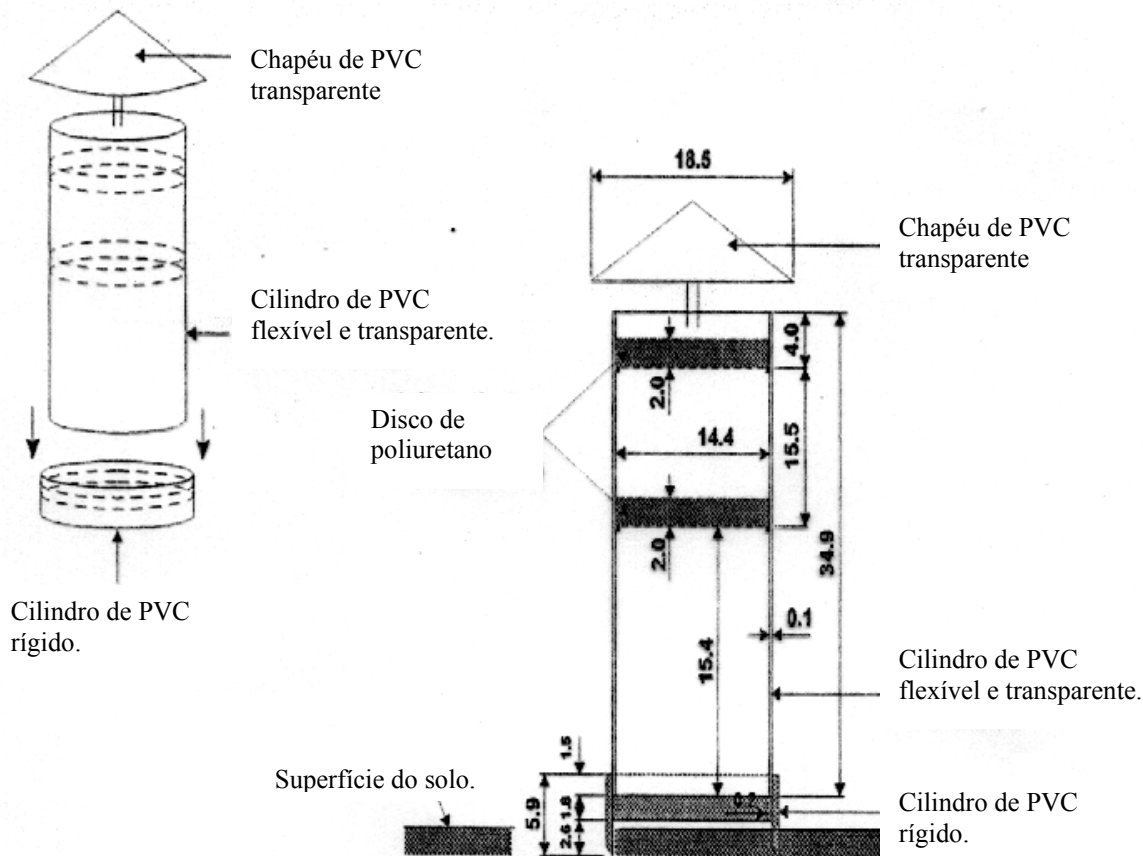


Figura 1. Ilustração de um coletor semi-aberto estático, adaptado de Nömmik (1973b) por Lara Cabezas & Trivelin (1990).

3.2. Instalação dos coletores e condução da fase de campo

Na adubação de pré-semeadura, foi utilizada a própria semeadora, sem os depósitos de semente, realizando um sulco com profundidade de aproximadamente 7-10 cm. Foram utilizados 15 cm lineares da fenda deixada pela semeadora para cada coletor, onde se

adicionou 529,5 mg de N, através de um formulado contendo 1,05g de sulfato de amônio, 0,71g de uréia e 0,87g de cloreto de potássio, correspondendo em área total, a uma adubação de 350 kg/ha, num espaçamento de 0,50 m de 20-00-20.

No dia da adubação de pré-semeadura (07/11/1998), foram instalados os coletores com seus respectivos discos embebidos na solução já descrita, e posteriormente coletados nas respectivas datas: 11/11; 15/11; 19/11; 24/11; 28/11 e 02/12/98.

Entre a segunda e a terceira coleta realizou-se a semeadura do milho, e os coletores foram removidos de seus locais e, logo após a passagem da semeadora, os coletores foram reinstalados nos mesmos pontos em que se encontravam.

Aos 5 dias do mês de dezembro, ou seja, 18 dias após a semeadura, foi feita uma adubação de cobertura com 30 kg de N/ha, ou seja, 150 kg/ha de sulfato de amônio, o que corresponde a 265 mg de sulfato de amônio (53,0 mg de N) por coletor. Após 9 dias da adubação de cobertura, foram instalados outros 10 coletores em áreas que receberam adubação, e mais 4 testemunhas, dos quais foram realizadas mais 5 coletas nas datas de 18/12; 22/12; 26/12; 30/12/98 e 04/01/99.

Durante as coletas, os discos superiores eram descartados, pois tinham somente a função de impedir a contaminação do disco inferior por nitrogênio atmosférico e/ou do nitrogênio proveniente de precipitações, portanto, foi procedida somente a coleta dos discos inferiores, ficando individualmente identificados pelo número do coletor, sistema de semeadura e de qual coleta se referiam, nas embalagens plásticas vedadas, para então serem conduzidos ao laboratório para serem armazenados a uma temperatura de aproximadamente -18°C .

3.3. Extração e aferição das amostras em 50ml

Com o auxílio de uma bomba de vácuo e tubos de PVC, ligavam-se quatro mangueiras em quatro kitassátos, que possuíam em sua extremidade superior o conjunto de funis de buckman e papéis de filtro, onde eram colocados os discos. Criava-se um vácuo, fazendo uma sucção nas espumas, que são encharcadas diversas vezes com água deionizada, lavando-as vagarosamente, promovendo então, a extração propriamente dita.

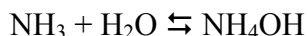
O conteúdo extraído teve volume aproximado de 450 ml; e foi colocado em béquer, onde se adicionava 1,0 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,10 N para se evitar perdas durante os procedimentos seguintes e, então, o material foi levado à estufa de ventilação forçada por volta de 25 horas, a uma temperatura de $60^{\circ}C$. Com isso, os volumes foram reduzidos para serem aferidos a 50 ml, e então colocados em embalagens de vidro, completamente fechadas, e dotadas de código para a rastreabilidade das informações referentes àquela amostra, para finalmente serem armazenadas a aproximadamente $-18^{\circ}C$.

3.4. Destilação e titulação

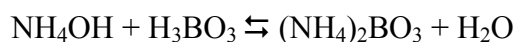
Antecedendo a destilação, as amostras foram retiradas do local de armazenamento, e deixadas em processo natural de degelo, até atingirem a temperatura ambiente.

Para a realização da destilação adicionaram-se em um balão: óxido de magnésio, água deionizada e uma alíquota de 5,0 ml da amostra, que era retirada utilizando uma pipeta volumétrica.

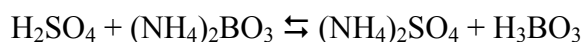
A destilação consiste no aquecimento desta solução por meio de vapor d'água, e o amônio se transforma em amônia, que é extremamente volátil e quando entra em contato com o ácido bórico, forma borato de amônio, sendo representada da seguinte maneira:



e,



A titulação serve para demonstrar quantitativamente o nitrogênio em cada amostra, ou seja, com a adição de ácido sulfúrico 0,005 N ocorria o inverso da destilação, transformando o borato de amônio novamente em ácido bórico e sulfato de amônio, obedecendo a reação:



Com o intuito de determinar e quantificar alguma presença de nitrogênio na água, nas vidrarias, e possíveis contaminações, utilizou-se uma amostra branca, ou seja, ela continha todos os reagentes, com exceção da alíquota, a qual foi descontada dos valores relativos às amostras encontrados na titulação, conforme item 3.5.

Os cálculos a seguir foram realizados para todas as amostras codificadas e brancas, portanto os anexos de A a D representam estes dados decodificados e ordenados,

constituindo informações necessárias para alcançar resultados confiáveis e reais em coletas de campo.

3.5. Cálculo do nitrogênio bruto presente na alíquota (NVa br.):

Para se determinar a quantidade de nitrogênio através da solução gasta na titulação, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$NVa\ br. = (V_A - V_B) \times N_{(\acute{A}C)} \times Fc \times 14$$

Onde, NVa br. representa a quantidade de nitrogênio volatilizado bruto presente na alíquota; V_A representa o volume de ácido gasto na titulação; V_B o volume de ácido gasto na aferição do branco; $N_{(\acute{A}C)}$ a normalidade do ácido sulfúrico utilizado na titulação; Fc o fator de correção do ácido e 14, é o peso atômico do nitrogênio.

3.6. Cálculo do nitrogênio volatilizado líquido (NVa líq.):

Após determinar do nitrogênio presente na amostra, pelo mesmo processo, determinou-se o nitrogênio volatilizado dos coletores controle, ou seja, a quantidade de nitrogênio naturalmente perdida pelo solo para a atmosfera. Portanto, foram analisados das amostras que serviram de testemunha. De posse desses dados, podemos subtrair todos os valores encontrados de NVa br. pelo valor médio do nitrogênio volatilizado proveniente dos 2 coletores controle (testemunhas), referente àquela coleta, obtendo então o nitrogênio volatilizado líquido (NVa líq.).

$$\text{NVa líq.} = \text{NVa br.} - \text{NVa controle.}$$

3.7. Cálculo da taxa média do NVa (TmNVa):

O cálculo desta variável é simples. Basta dividir o NVa líq. de cada amostra, pelo período (em dias), da amostragem correspondente, ou seja:

$$\text{TmNVa} = \text{NVa líq.} / \text{tempo (dias)}$$

3.8. Percentagem de eficiência de um coletor semi-aberto estático (E):

É de suma importância para os cálculos seguintes, pois existem correlações entre a eficiência dos coletores e a taxa média de N-NH₃ volatilizado, as quais são citadas por Lara Cabezas (1990), e que foram calibradas utilizando o isótopo ¹⁵N, sendo encontrada as seguintes correlações:

$$E = 37,06 \times \text{TmNVa}^{0,12} \rightarrow \text{quando NVa} \geq 0,37$$

e

$$E = 148,58 \times \text{TmNVa}^{1,52} \rightarrow \text{quando NVa} < 0,37.$$

3.9. Cálculo do nitrogênio volatilizado total (NVt):

Estas correlações permitem transportar as perdas de volatilização encontradas em laboratório, a um valor real de campo, que é definido pela quantidade de nitrogênio volatilizado total (NVt).

$$NVt = NVa \text{ líq.} \times E$$

3.10. Cálculo do nitrogênio volatilizado total acumulado (NVt ac.):

De posse da quantidade de (NVt) específico em cada coletor, podemos acumulá-lo deixando expressa a volatilização do N-NH₃ em cada coletor (NVt ac.), no decorrer das coletas, para então extrairmos uma média da volatilização amoniacal para cada um dos períodos em que foi efetuada a aplicação nitrogenada e em cada sistema de semeadura.

3.11. Cálculo do nitrogênio amoniacal volatilizado, em relação percentual do nitrogênio aplicado (N-NH₃ / % N aplic.):

Esse componente está intimamente relacionado com cada coleta, com os sistemas de semeadura e das adubações de pré-semeadura e cobertura, pois correlacionam os valores acumulados de nitrogênio volatilização em cada coletor com a quantidade de nitrogênio aplicado em cada uma delas, os quais foram 529,5 mg e 53,0 mg em pré-semeadura e cobertura respectivamente, sendo então estimados através das seguintes equações:

$$\text{Pré-semeadura: } NVt \text{ ac.} / 529,5 \times 100$$

e

$$\text{Cobertura: } NVt \text{ ac.} / 53 \times 100$$

Portanto, esses valores sugerem claramente em cada sistema de plantio, a percentagem das perdas de nitrogênio amoniacal proveniente da adubação nitrogenada,

variando com a forma de aplicação do fertilizante, no decorrer de um espaço de tempo determinado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das dosagens de fertilizantes nitrogenado, aplicados em cada coletor, obtivemos resultados precisos que estão expressos nos Apêndices, portanto, sendo apresentados todos os dados necessários para realização dos cálculos, através das metodologia descrita anteriormente, podendo ser apreciado as perdas de nitrogênio volatilizado, em relação ao percentual aplicado via adubação.

As perdas acumuladas após 600 horas (25 dias) do N-aplicado em pré-semeadura incorporada da mistura nitrogenada de uréia e sulfato de amônio, foram quantificadas em 1,18 e 0,45 %, respectivamente para sistema de plantio direto e em solo preparado, e após 504 horas (21 dias) de 13,95 e 11,87 % nos mesmos sistemas, quando aplicado sulfato de amônio superficialmente em cobertura, sendo expressos graficamente nas Figuras-2 e 3.

Relacionando-se, na mesma escala percentual, as duas formas de aplicação nitrogenada, através das perdas de N-NH₃ volatilizado em relação ao N-aplicado, expressamos graficamente na Figura-4, e entramos em concordância com Silva et al. (1995), no baixo índice de perdas quando a uréia é aplicada incorporada.

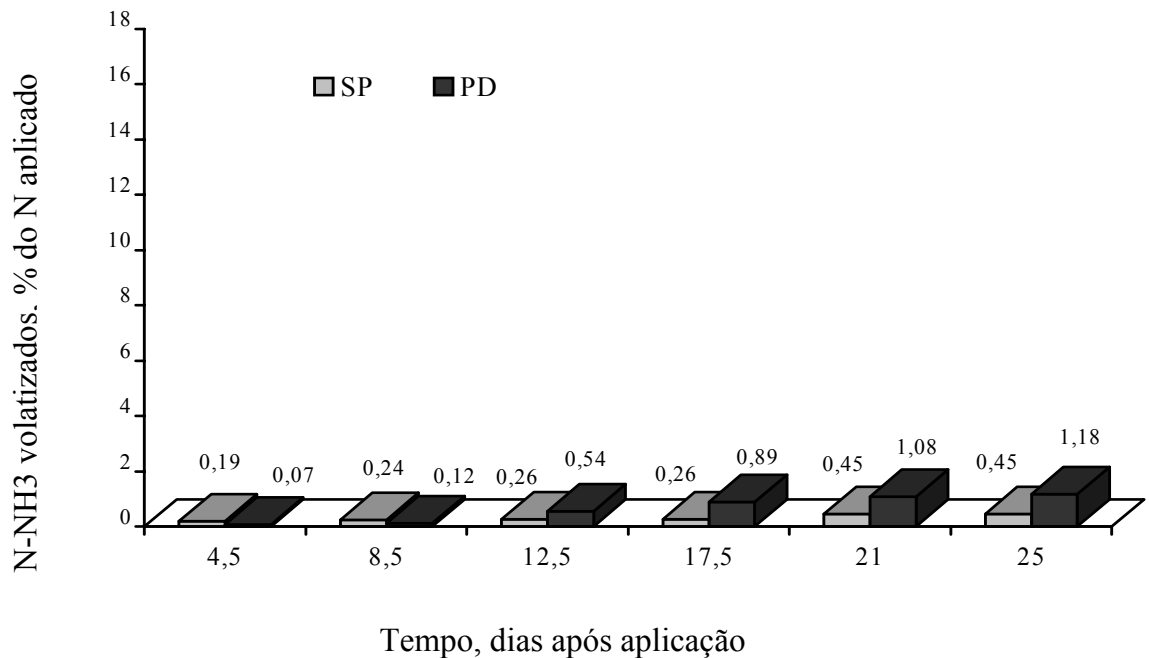


Figura 2. Volatilização de N-NH₃ proveniente da aplicação incorporada na pré-semeadura (15 dias) da mistura de uréia e sulfato de amônio na dose de 70 kg/ha de N, em sistema de PD e SP na cultura do milho.

Aplicou-se o teste t de Student, que segundo Ferreira (1996), é um método clássico, utilizado para comparar médias entre dois tratamentos. Neste caso, dividimos a análise estatística em duas etapas.

A primeira etapa foi relacionada à adubação de pré-semeadura, a qual comparamos as médias de N-NH₃ volatilizado, em relação à percentagem do N aplicado nos dois sistemas de semeadura, (1,18 % com 0,45 %), onde obtivemos um valor t de 1,55, para um grau de liberdade 10, e valor t' tabelado 2,23 a 5 % de probabilidade, portanto, apesar da amplitude quase três vezes superior dos valores percentuais do plantio direto em relação ao solo preparado, mesmo assim não apresentou diferença significativa pois o valor de t

encontrado não superou o valor t' tabelado.

Na segunda etapa, analisamos as médias de $N-NH_3$ volatilizado em relação à percentagem do N aplicado em ambos sistema de semeadura, referente à adubação de cobertura, (13,95 % com 11,87 %), na qual o valor t encontrado foi 0,23. Para um grau de liberdade 8, e a uma probabilidade de 5 %, o valor t' tabelado é 2,31, portanto, nos permite concluir que a volatilização na adubação de cobertura, também não diferiu significativamente entre o sistema de plantio direto e solo preparado. .

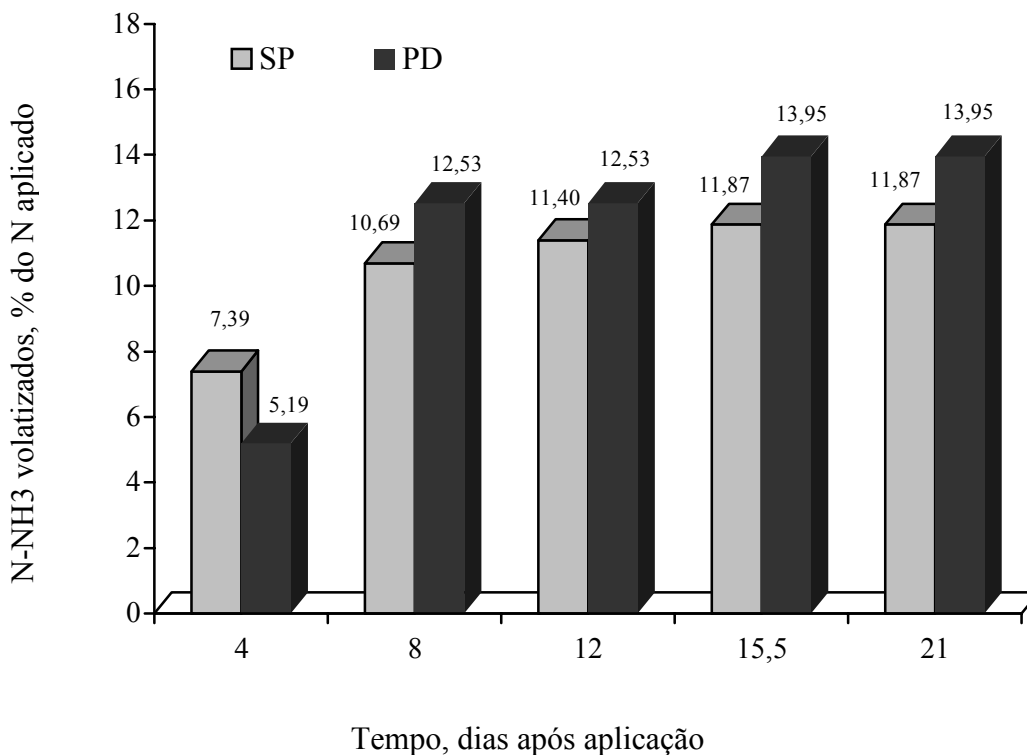


Figura 3. Volatilização de $N-NH_3$ proveniente da aplicação superficial na cobertura com sulfato de amônio na dose de 30 kg/ha de N, em sistema de PD e SP na cultura do milho.

Os resultados obtidos tanto na adubação de pré-semeadura, quanto na cobertura, contradizem algumas literaturas, como o que foi apresentado por Lellis (1995), que relata perdas em maiores intensidades nas primeiras horas após a aplicação de nitrato de amônio, uréia e uran, como fontes nitrogenadas, o que não foi observado por nós, pois as perdas apresentaram-se gradativas.

Porém em conformidade com nossos resultados, Lara Cabezas et al. (1997), concluíram que tanto o nitrato como o sulfato de amônio, apresentam perdas inferiores a 15 % do N aplicado na superfície, em ambos sistema de semeadura, quando aplicados sobre a palhada de aveia-preta e na superfície do solo.

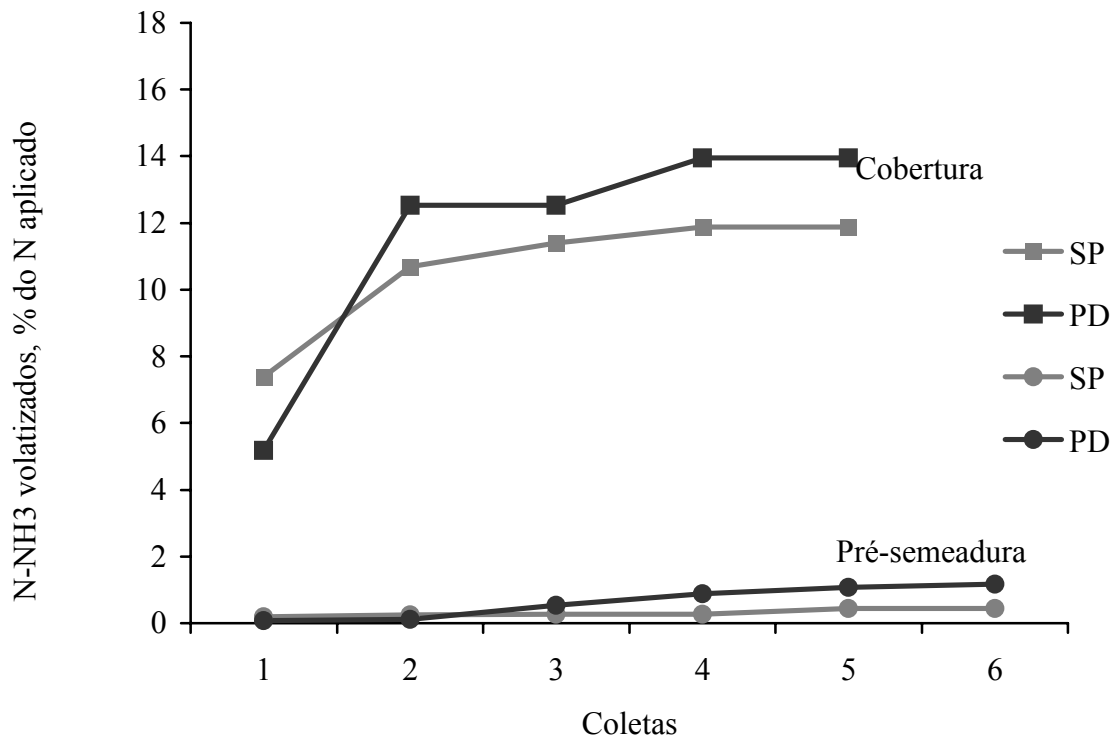


Figura 4 Volatilização de N-NH₃, relacionada com os dois sistemas de semeadura, em diferentes épocas e formas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho.

Silva et al. (1995) definiram que as perdas de N-NH₃ por volatilização diminuíram com a incorporação e localização da uréia no solo, apresentando-se menores quando esta ficou localizada a 10 cm de profundidade, respaldando os resultados encontrados, como confirma a grande diferença apresentada na figura-4, entre a época e forma de aplicação do adubo nitrogenado.

Sá (1996), em suas considerações, concorda com a antecipação de doses de N destinada à cobertura para o momento do manejo da cobertura verde, por permitir maior segurança à cultura do milho, através do suprimento de N durante os estádios de crescimento, bem como para otimização na utilização do maquinário.

5. CONCLUSÕES

A incorporação de fertilizantes nitrogenados é uma ótima forma de evitar perdas de N por volatilização, tanto no plantio direto quanto em solo preparado, pois apresentaram perdas inferiores a 1,2 %.

O sulfato de amônio é uma alternativa viável para a adubação de cobertura superficial na cultura do milho, nos dois sistemas de semeadura por apresentar perdas por volatilização inferiores a 14 %.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A.P.A. **Manejo da fertilidade do solo sob pastagem, calagem e adubação.**

Guaíba: Agropecuaria, 1998. 120p.

BARTZ, Hardi Rene. **Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistemas de produção**

sob plantio direto [online]. Disponível:

<<http://www.rau.edu.uy/agro/uepp/siembra6.htm>> [acessado em 22 mar. 2000].

BORGES, G. A importância da cultura do milho no sistema plantio direto. **Manejo de**

nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto. Passo Fundo, Aldeia Norte

Editora, 1996.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia.** 2. ed. Maceió,

Editora Edufal, p. 606, 1996.

LARA CABEZAS, Waldo A. R. **Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e**

solo de cerrado. [online]. Disponível: <[http://www.adubostrevo.com/ci/revistas/plantio-](http://www.adubostrevo.com/ci/revistas/plantio-direto/artigo-pd03.html)

[direto/artigo-pd03.html](http://www.adubostrevo.com/ci/revistas/plantio-direto/artigo-pd03.html)> [acessado em 08 mai. 2000].

- LARA CABEZAS, W. A. R., KORNDORFER, G.H., MOTTA, S.A. 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**, Campinas, v.21, p.489-496, 1997.
- LARA CABEZAS, W. A. R., TRIVELIN, P.C.O, BENDASSOLLI, J.A, SANTANA, D.G. de & GASCHO G. J. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.30 (3&4), p.389-406, 1999.
- LARA CABEZAS, W. A. R., TRIVELIN, P.C.O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH₃ volatilizado da uréia aplicada ao solo. . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.345-352, 1990.
- LELLIS, A. M. **Perdas de amônia por volatilização, decorrentes da aplicação em cobertura, incorporada e superficial, de uréia, nitrato de amônio e uran na cultura do milho sob o sistema de plantio direto**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 1995. 44p. (Monografia apresentada ao curso de agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo).
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola, adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo, Editora Ceres, p.607, 1991.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. [online]. Disponível: <<http://www.agricultura.gov.br/Estatisticas/3129.htm>> [acessado em 24 ago 2000].
- NUNES, F. P.. **Influência da palhada de cobertura na volatilização de amônia de uréia e sulfato de amônio**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 1998. 44p.

(Monografia apresentada ao curso de agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Potafos, 1991, 343p.

SÁ, J.C. de Moraes. **Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema de plantio direto**. Passo Fundo, Aldeia Norte Editora, 1996.

SENGIK, E., KIEHL, J.C. Controle da volatilização de amônia em terra tratada com uréia e turfa pelo emprego de sais inorgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.455-461, 1995.

SILVA, A.J, LIMA JÚNIOR, M. A, FERREIRA, N.C.M & FRAGA, V da S. Perdas de amônia por volatilização proveniente da uréia aplicada a solos dos trópicos úmidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.141-144, 1995.

APÊNDICE

Tabela-1A. Volatilização da aplicação incorporada de 70 kg ha⁻¹ de N (Sulfato de Amônio + Uréia), na pré-semeadura do milho em sistema de solo preparado.

Nº coletor	Tempo dias	NVa br. mg/vaso	NVa liq. mg/vaso	Tm NVa mg/dia	E %	NVt mg/vaso	NVt ac. mg/vaso	NNH3 vol. % Naplic.
Data coleta: 11/11/1998								
61	4,5	0,80	0,20	0,04	10,0	2,0	2,0	0,38
18	4,5	0,50	-	-	-	-	0,0	-
23	4,5	0,80	0,20	0,04	10,0	2,0	2,0	0,38
15	4,5	0,50	0,00	0,00	10,0	0,0	0,0	0,00
2	4,5	0,60	0,00	0,00	10,0	0,0	0,0	0,00
	Média	0,64	0,10	0,02	10,0	1,0	0,8	0,19
1	4,5	0,70	-	-	-	-	-	-
7	4,5	0,50	-	-	-	-	-	-
	Média	0,60	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 15/11/1998								
61	4,0	0,90	0,05	0,01	10,0	0,50	2,5	0,47
18	4,0	-	-	-	-	-	-	-
23	4,0	0,90	0,05	0,01	10,0	0,50	2,5	0,47
15	4,0	0,70	-	-	-	0,00	0,0	0,00
2	4,0	0,70	-	-	-	0,00	0,0	0,00
	Média	0,80	0,05	0,01	10,0	0,50	1,3	0,24
1	4,0	0,90	-	-	-	-	-	-
7	4,0	0,80	-	-	-	-	-	-
	Média	0,85	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 19/11/1998								
61	4,0	0,70	0,00	0,00	10,0	0,00	2,5	0,47
18	4,0	-	-	-	-	-	-	-
23	4,0	0,50	0,00	0,00	10,0	0,00	2,5	0,47
15	4,0	0,50	0,00	0,00	10,0	0,00	0,0	0,00
2	4,0	0,80	0,05	0,01	10,0	0,50	0,5	0,09
	Média	0,63	0,01	0,00	10,0	0,13	1,4	0,26
1	4,0	1,00	-	-	-	-	-	-
7	4,0	0,50	-	-	-	-	-	-
	Média	0,75	-	-	-	-	-	-

... continua ...

Tabela-1A, cont.

Nº coletor	Tempo dias	NVa br. mg/vaso	NVa liq. mg/vaso	Tm NVa mg/dia	E %	NVt mg/vaso	NVt ac. mg/vaso	NNH3 vol. % Naplic.
Data coleta: 24/11/1998								
61	5,0	0,50	0,00	0,00	10,0	0,00	2,5	0,47
18	5,0	-	-	-	-	-	-	-
23	5,0	0,60	0,00	0,00	10,0	0,00	2,5	0,47
15	5,0	0,50	0,00	0,00	10,0	0,00	0,0	0,00
2	5,0	0,60	0,00	0,00	10,0	0,00	0,5	0,09
	Média	0,55	0,00	0,00	10,0	0,00	1,4	0,26
1	5,0	0,80	-	-	-	-	-	-
7	5,0	0,50	-	-	-	-	-	-
	Média	0,65	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 28/11/1998								
61	3,5	0,50	0,00	0,00	0,0	0,00	2,50	0,5
18	3,5	-	-	-	-	-	-	-
23	3,5	0,60	0,10	0,03	10,0	1,00	3,50	0,7
15	3,5	0,60	0,10	0,03	10,0	1,00	1,00	0,2
2	3,5	0,70	0,20	0,06	10,0	2,00	2,50	0,5
	Média	0,60	0,10	0,03	7,5	1,33	2,38	0,45
1	3,5	0,40	-	-	-	-	-	-
7	3,5	0,60	-	-	-	-	-	-
	Média	0,50	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 02/12/1998								
61	4,0	0,60	0,00	0,00	10,0	0,00	2,50	0,5
18	4,0	-	-	-	-	-	-	-
23	4,0	0,50	0,00	0,00	10,0	0,00	3,50	0,7
15	4,0	0,60	0,00	0,00	10,0	0,00	1,00	0,2
2	4,0	0,60	0,00	0,00	10,0	0,00	2,50	0,5
	Média	0,58	0,00	0,00	10,0	0,00	2,38	0,45
1	4,0	0,60	-	-	-	-	-	-
7	4,0	0,80	-	-	-	-	-	-
	Média	0,70	-	-	-	-	-	-

Tabela-2A. Volatilização da aplicação incorporada de 70 kg ha⁻¹ de N (Sulfato de Amônio + Uréia), na pré-semeadura do milho em sistema de plantio direto.

N. coletor	Tempo dias	NVa br. mg/vaso	NVa liq. mg/vaso	Tm NVa mg/dia	E %	NVt mg/vaso	NVt ac. mg/vaso	NNH3 vol. % Naplic.
Data coleta: 11/11/1998								
9	4,5	0,80	0,15	0,033	10,0	1,5	1,5	0,28
24	4,5	-	-	-	-	-	-	-
17	4,5	0,30	-	-	-	0,0	0,0	0,00
11	4,5	0,40	-	-	-	0,0	0,0	0,00
5	4,5	0,65	0,00	0,000	10,0	0,0	0,0	0,00
	Média	0,54	0,08	0,02	10,0	0,8	0,4	0,07
26	4,5	0,30	-	-	-	-	-	-
60	4,5	1,00	-	-	-	-	-	-
	Média	0,65	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 15/11/1998								
9	4,0	0,80	0,00	0,00	10,0	0,0	1,5	0,28
24	4,0	-	-	-	-	-	-	-
17	4,0	0,90	0,10	0,03	10,0	1,0	1,0	0,19
11	4,0	0,80	0,00	0,00	10,0	0,0	0,0	0,00
5	4,0	0,60	0,00	0,00	10,0	0,0	0,0	0,00
	Média	0,78	0,03	0,01	10,0	0,3	0,6	0,12
26	4,0	0,80	-	-	-	-	-	-
60	4,0	0,80	-	-	-	-	-	-
	Média	0,80	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 19/11/1998								
9	4,0	0,70	0,10	0,03	10,0	1,0	2,5	0,47
24	4,0	-	-	-	-	-	-	-
17	4,0	0,30	-	-	10,0	0,0	1,0	0,19
11	4,0	0,80	0,20	0,05	10,0	2,0	2,0	0,38
5	4,0	1,20	0,60	0,15	10,0	6,0	6,0	1,13
	Média	0,75	0,30	0,08	10,0	3,0	2,9	0,54
26	4,0	0,60	-	-	-	-	-	-
60	4,0	-	-	-	-	-	-	-
	Média	0,60	-	-	-	-	-	-

... continua ...

Tabela-2A, cont.

N. coletor	Tempo dias	NVa br. mg/vaso	NVa liq. mg/vaso	Tm NVa mg/dia	E %	NVt mg/vaso	NVt ac. mg/vaso	NNH3 vol. % Naplic.
Data coleta: 24/11/1998								
9	5,0	0,50	-	-	-	0,0	2,5	0,47
24	5,0	-	-	-	-	-	-	-
17	5,0	0,50	-	-	-	0,0	1,0	0,19
11	5,0	0,60	0,05	0,01	10,0	0,5	2,5	0,47
5	5,0	1,80	1,25	0,25	18,1	6,9	12,9	2,44
	Média	0,85	0,65	0,13	14,0	4,6	4,7	0,89
26	5,0	0,50	-	-	-	-	-	-
60	5,0	0,60	-	-	-	-	-	-
	Média	0,55	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 28/11/1998								
9	3,5	0,90	0,20	0,06	10,0	2,0	4,5	0,85
24	3,5	-	-	-	-	-	-	-
17	3,5	0,30	-	-	-	0,0	1,0	0,19
11	3,5	0,60	-	-	-	0,0	2,5	0,47
5	3,5	0,90	0,20	0,06	10,0	2,0	14,9	2,82
	Média	0,68	0,20	0,06	10,0	2,0	5,7	1,08
26	3,5	0,70	-	-	-	-	-	-
60	3,5	0,70	-	-	-	-	-	-
	Média	0,70	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 02/12/1998								
9	4,0	0,70	0,10	0,03	10,0	1,0	5,5	1,04
24	4,0	-	-	-	-	-	-	-
17	4,0	0,70	0,10	0,03	10,0	1,0	2,0	0,38
11	4,0	0,60	0,00	0,00	10,0	0,0	2,5	0,47
5	4,0	0,60	0,00	0,00	10,0	0,0	14,9	2,82
	Média	0,65	0,05	0,01	10,0	0,5	6,2	1,18
26	4,0	0,60	-	-	-	-	-	-
60	4,0	0,60	-	-	-	-	-	-
	Média	0,60	-	-	-	-	-	-

Tabela-3A. Volatilização da aplicação superficial de 30 kg ha⁻¹ de N (Sulfato de Amônio) na cobertura do milho em sistema de solo preparado.

N. coletor	Tempo dias	NVa br. mg/vaso	NVa liq. mg/vaso	Tm NVa mg/dia	E %	NVt mg/vaso	NVt ac. mg/vaso	NNH3 vol. % Naplic.
Data coleta: 18/12/1998								
7	4,0	0,80	0,50	0,13	10,0	5,0	5,0	9,43
69	4,0	1,00	0,70	0,18	10,5	6,7	6,7	12,57
17	4,0	0,50	0,20	0,05	10,0	2,0	2,0	3,77
24	4,0	0,40	-	-	10,0	-	-	-
61	4,0	0,50	0,20	0,05	10,0	2,0	2,0	3,77
	Média	0,64	0,40	0,10	10,1	3,9	3,9	7,39
60	4,0	0,30	-	-	-	-	-	-
15	4,0	0,30	-	-	-	-	-	-
	Média	0,30	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 22/12/1998								
7	4,0	0,50	0,20	0,05	10,0	2,0	7,0	13,21
69	4,0	0,60	0,30	0,08	10,0	3,0	9,7	18,23
17	4,0	0,40	0,10	0,03	10,0	1,0	3,0	5,66
24	4,0	0,20	-	-	-	-	-	-
61	4,0	0,40	0,10	0,03	10,0	1,0	3,0	5,66
	Média	0,42	0,18	0,04	10,0	1,8	5,7	10,69
60	4,0	0,30	-	-	-	-	-	-
15	4,0	0,30	-	-	-	-	-	-
	Média	0,30	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 26/12/1998								
7	4,0	0,30	0,00	0,00	10,0	0,0	7,0	13,21
69	4,0	0,40	0,08	0,02	10,0	0,8	10,4	19,65
17	4,0	0,25	0,00	0,00	10,0	0,0	3,0	5,66
24	4,0	0,20	-	-	-	-	-	-
61	4,0	0,40	0,08	0,02	10,0	0,8	3,8	7,08
	Média	0,31	0,04	0,01	10,0	0,4	6,0	11,40
60	4,0	0,40	-	-	-	-	-	-
15	4,0	0,25	-	-	-	-	-	-
	Média	0,33	-	-	-	-	-	-

... continua ...

Tabela-3A, cont.

N. coletor	Tempo dias	NVa br. mg/vaso	NVa liq. mg/vaso	Tm NVa mg/dia	E %	NVt mg/vaso	NVt ac. mg/vaso	NNH3 vol. % Naplic.
Data coleta: 30/12/1998								
7	3,5	0,25	0,00	0,00	10,0	0,0	7,0	13,21
69	3,5	0,40	0,05	0,01	10,0	0,5	10,9	20,59
17	3,5	0,35	0,00	0,00	10,0	0,0	3,0	5,66
24	3,5	0,40	-	-	-	-	-	-
61	3,5	0,40	0,05	0,01	10,0	0,5	4,3	8,02
	Média	0,36	0,03	0,01	10,0	0,3	6,3	11,87
60	3,5	0,35	-	-	-	-	-	-
15	3,5	0,35	-	-	-	-	-	-
	Média	0,35	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 04/01/1999								
7	5,5	0,30	0,00	0,00	10,0	0,0	7,0	13,21
69	5,5	0,20	0,00	0,00	10,0	0,0	10,9	20,59
17	5,5	0,30	0,00	0,00	10,0	0,0	3,0	5,66
24	5,5	0,40	-	-	-	-	-	-
61	5,5	0,30	0,00	0,00	10,0	0,0	4,3	8,02
	Média	0,30	0,00	0,00	10,0	0,0	6,3	11,87
60	5,5	0,30	-	-	-	-	-	-
15	5,5	-	-	-	-	-	-	-
	Média	0,30	-	-	-	-	-	-

Tabela-4A. Volatilização da aplicação superficial de 30 kg ha⁻¹ de N (Sulfato de Amônio) na cobertura do milho em sistema de plantio direto.

N. coletor	Tempo dias	NVa br. mg/vaso	NVa liq. mg/vaso	Tm NVa mg/dia	E %	NVt mg/vaso	NVt ac. mg/vaso	NNH3 vol. % Naplic.
Data coleta: 18/12/1998								
71	4,0	1,20	0,50	0,13	10,0	5,0	5,0	9,43
76	4,0	1,20	0,50	0,13	10,0	5,0	5,0	9,43
75	4,0	0,70	-	-	-	-	-	-
65	4,0	0,80	0,10	0,03	10,0	1,0	1,0	1,89
96	4,0	0,60	-	-	10,0	0,0	0,0	0,00
	Média	0,90	0,37	0,09	10,0	2,8	2,8	5,19
23	4,0	0,75	-	-	-	-	-	-
26	4,0	0,65	-	-	-	-	-	-
	Média	0,70	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 22/12/1998								
71	4,0	0,80	0,38	0,09	10	3,8	8,8	16,51
76	4,0	1,20	0,78	0,19	12,3	6,3	11,3	21,36
75	4,0	0,50	-	-	10	-	-	-
65	4,0	0,80	0,38	0,09	10	3,8	4,8	8,96
96	4,0	0,60	0,18	0,04	10	1,8	1,8	3,30
	Média	0,78	0,43	0,11	10,5	4,1	6,6	12,53
23	4,0	0,45	-	-	-	-	-	-
26	4,0	0,40	-	-	-	-	-	-
	Média	0,43	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 26/12/1998								
71	4,0	0,40	0,00	0,00	10,0	0,0	8,8	16,51
76	4,0	0,40	0,00	0,00	10,0	0,0	11,3	21,36
75	4,0	0,40	0,00	0,00	10,0	0,0	-	-
65	4,0	0,40	0,00	0,00	10,0	0,0	4,8	8,96
96	4,0	0,35	0,00	0,00	10,0	0,0	1,8	3,30
	Média	0,39	0,00	0,00	10,0	0,0	6,6	12,53
23	4,0	0,50	-	-	-	-	-	-
26	4,0	0,50	-	-	-	-	-	-
	Média	0,50	-	-	-	-	-	-

... continua ...

Tabela-4A. cont..

N. coletor	Tempo dias	NVa br. mg/vaso	NVa liq. mg/vaso	Tm NVa mg/dia	E %	NVt mg/vaso	NVt ac. mg/vaso	NNH3 vol. % Naplic.
Data coleta: 30/12/1998								
71	3,5	0,50	0,10	0,03	10,0	1,0	9,8	18,40
76	3,5	0,50	0,10	0,03	10,0	1,0	12,3	23,25
75	3,5	0,30	-	-	10,0	-	-	-
65	3,5	0,50	0,10	0,03	10,0	1,0	5,8	10,85
96	3,5	0,40	0,00	0,00	10,0	0,0	1,8	3,30
	Média	0,44	0,08	0,02	10,0	0,8	7,4	13,95
23	3,5	0,40	-	-	-	-	-	-
26	3,5	0,40	-	-	-	-	-	-
	Média	0,40	-	-	-	-	-	-
Data coleta: 04/01/1999								
71	5,5	0,30	0,00	0,00	10,0	0,0	9,8	18,40
76	5,5	0,50	0,00	0,00	10,0	0,0	12,3	23,25
75	5,5	0,50	0,00	0,00	10,0	0,0	-	-
65	5,5	0,40	0,00	0,00	10,0	0,0	5,8	10,85
96	5,5	0,30	0,00	0,00	10,0	0,0	1,8	3,30
	Média	0,40	0,00	0,00	10,0	0,0	7,4	13,95
23	5,5	0,60	-	-	-	-	-	-
26	5,5	0,50	-	-	-	-	-	-
	Média	0,55	-	-	-	-	-	-