



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Efeito da umidade do solo e do intervalo entre a aplicação da ureia e precipitação sobre a volatilização do nitrogênio e a produtividade do trigo



*José Prestes Neto*¹; *Rodrigo Y. Tsukahara*²; *Edson G. Kochinski*³; *Gabriel Barth*⁴; *Juliana T. Suyama*⁵

¹ Eng. Agrônomo, Pesquisador, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR, Fone (42)3233-8600

jose.neto@fundacaoabc.org.br

² Eng. Agrônomo, Coordenador de Pesquisa, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR, rodrigo@fundacaoabc.org.br

³ Eng. Agrônomo, Pesquisador, Agrometeorologia, Fundação ABC, Castro – PR, giovanni@fundacaoabc.org.br

⁴ Coordenador de Pesquisa, Solos e Nutrição de Plantas, Fundação ABC, Castro – PR, gabrielbarth@fundacaoabc.org.br

⁵ Eng. Agrônoma, Pesquisadora, Solos e Nutrição de Plantas, Fundação ABC, Castro – PR, juliana.tamie@fundacaoabc.org.br

RESUMO: As perdas de nitrogênio por volatilização ocorrem durante a hidrólise enzimática da uréia no solo, resultando na produção de amônia. Dependendo da quantidade de palha, do pH e da umidade do solo, a amônia passa para a forma de íon amônio, reduzindo a volatilização e as perdas de N. O objetivo deste estudo foi mensurar o efeito da umidade do solo e do intervalo entre a aplicação da uréia e a precipitação sobre a volatilização do nitrogênio e a produtividade do trigo, com vistas ao desenvolvimento de um sistema de apoio a decisão. O cultivar TBIO Sinuelo foi semeado em 03/06/2014, no campo experimental de Itaberá/SP, em delineamento de parcelas sub-subdivididas e 4 repetições, onde a umidade do solo (seco e úmido) foi a parcela principal e as doses de uréia (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura no perfilhamento do trigo como sub-parcelas. Cada experimento recebeu 20 mm de precipitação simulada aos 0, 2, 4, 7 e 10 dias após a aplicação da ureia respectivamente, para avaliar a volatilização do N através de câmeras coletoras de amônia do tipo semi-aberto estático. A maior umidade do solo resultou em IVDN superior ao solo seco, mas sem diferença na produtividade (4.493 kg ha⁻¹) ou na taxa de volatilização (10,3 kg de N ha⁻¹). A análise em grupo de experimentos para os fatores umidade do solo e intervalo, considerando apenas a dose de 200kg de uréia ha⁻¹, revelou que a volatilização máxima (6,3 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de N) ocorre entre 3 e 6 dias após a aplicação da uréia, com perda acumulada de 20,6 e 12,9 kg de N ha⁻¹ 14 dias⁻¹ em solo seco e úmido respectivamente. Quanto maior o intervalo, maior a volatilização e maior a produtividade do trigo. A estimativa das perdas de N foi possível através das variáveis intervalo entre aplicação e precipitação, número de horas com radiação superior a 600 W m² e número de dias com umidade relativa maior que 70 % (R² = 0,95 e REQM = 1,07 kg N ha⁻¹ 14 dias⁻¹).

PALAVRAS-CHAVE: *Triticumaestivum*, urease, sistema de apoio a decisão.

Effect of soil moisture and the interval between the application of urea and precipitation over nitrogen volatilization and wheat yield

ABSTRACT: The nitrogen losses by volatilization occur during the enzymatic hydrolysis of urea in the soil, resulting in the production of ammonia. Depending on the amount of straw, of pH and soil moisture, ammonia passes into the form of ammonium ion, reducing volatilization and N losses. The objective of this study was to measure the effect of soil moisture, and interval between the urea application and precipitation over the volatilization of nitrogen and wheat yield, with a view to developing a decision support system. The cultivar TBIO Sinuelo was sown on 03/06/2014, in the Itabera/SP experimental field, in design of split-plots and four replications where soil moisture (dry and wet) was the main plot and urea doses (0, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹) applied in bands in wheat tillering as sub-plots. Each experiment received 20 mm rainfall simulated at 0, 2, 4, 7 and 10 days after the urea application

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

respectively, to evaluate the volatilization of N by collecting the semi-open static ammonia cameras type. Most soil moisture resulted in NDVI greater than the dry soil, but no difference in yield (4493 kg ha^{-1}) or volatilization rate ($10.3 \text{ kg N ha}^{-1}$). The group experiments analysis for the factors soil moisture and interval, considering only the dose of 200 kg ha^{-1} urea, revealed that the maximum volatilization ($6.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$ of N) occurs between 3 and 6 days after application of urea, with accumulated loss of 20.6 and $12.9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ 14 days}^{-1}$ in dry soil and wet respectively. The longer interval resulted in higher volatilization and higher wheat yield. The N losses estimate was possible through variables like interval between application, number of hours more radiation than 600 W m^2 and number of days with relative humidity greater than 70% ($R^2 = 0.95$ and $\text{RMSE} = 1.07 \text{ kg ha}^{-1} \text{ 14 days}^{-1}$).

KEYWORDS: *Triticumaestivum*, urease, decision support system.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) possui estreita relação com os componentes de produção dos cultivos de inverno, sendo que a sua deficiência pode comprometer os processos de crescimento e de reprodução das plantas (Pöttker, Roman, 1998). Porém a sua complexidade vai além da necessidade das culturas, e é necessário saber que se trata de um elemento dinâmico no solo, podendo sofrer perdas por diferentes processos como a desnitrificação, lixiviação, escoamento superficial, remoção/colheita das culturas e por volatilização de amônia (De Datta, 1981).

Considerando as principais fontes desse nutriente utilizadas na agricultura, a uréia é a mais atrativa tanto pela facilidade de produção por parte da indústria bem como pela alta concentração de nitrogênio (45% de sua composição), além de apresentar o menor preço relativo por quilograma de N para o agricultor. Entretanto no sistema de plantio direto na palha, onde a principal forma de aplicação da uréia é a lança em superfície, frequentemente são observadas perdas elevadas de amônia (NH_3) pelo processo de volatilização (Costa, Vitti, Cantarella, 2003).

Por sua vez, a volatilização da uréia envolve inicialmente o processo da hidrólise da fonte nitrogenada por meio da urease, produzida por bactérias, actinomicetos, fungos do solo ou restos vegetais, que resulta na formação de carbonato de amônio (Diest, 1988). Em função da sua instabilidade, o carbonato de amônio pode ser desdobrado em amônia (NH_3), CO_2 e água (Raij, 1991). Entre os fatores que potencializam a hidrólise da uréia, podemos citar a temperatura e umidade do solo, evaporação da água, presença de palha, pH, poder tampão, capacidade de troca catiônica, classe textural, teor de matéria orgânica, cobertura vegetal e a atividade da urease (apud Zavashi, 2010).

Em função da estreita relação entre a hidrólise da uréia e as variáveis agrometeorológicas, os objetivos deste trabalho foram: i) definir a melhor umidade do solo para redução da volatilização do N aplicado na forma de uréia em cobertura, ii) determinar o intervalo de tempo (dias) necessário entre a aplicação de uréia em cobertura e a primeira precipitação para reduzir a volatilização da uréia e iii) gerar conhecimento para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento e previsão das condições meteorológicas com foco na volatilização do N aplicado em cobertura, para a região dos Campos Gerais e Norte Pioneiro do Paraná e Sul de São Paulo, onde atuam as Cooperativas ABC.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nas coordenadas $24^{\circ}04'20''\text{S}$ e $49^{\circ}09'19''\text{O}$, altitude média de 730m, referente ao Campo Experimental da Fundação ABC em Itaberá-SP, sob Latossolo Vermelho Escuro (Embrapa, 2006), tipo climático Cfa segundo Köppen. O cultivar TBIO Sinuelo foi semeado em

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

03/06/2014, em rotação soja/aveia-preta/milho/trigo, com espaçamento entrelinhas de 0,17m, população média de 235 plantas emergidas m⁻² e adubação de base com 300 kg ha⁻¹ da formulação 10:20:20 (N:P:K).

Foram conduzidos 5 experimentos em delineamento de parcelas sub-subdivididas com 4 repetições, onde a parcela principal foi composta por 2 níveis de umidade do solo na pré-aplicação do adubo nitrogenado (seco e úmido, caracterizados pelas medidas de potencial de água no solo através de tensiômetro) e as sub-parcelas em 4 níveis, representadas pelas doses de uréia (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura (29/07/2014), durante o perfilhamento do trigo (estádio fenológico 32, segundo escala fenológica proposta por Zadoks, 1974).

A diferença entre os experimentos ocorreu para o fator dias sem precipitação (DSP) após a aplicação da uréia, sendo: experimento A, com 0 DSP e precipitação simulada de 22,7 mm, experimento B com 2 DSP e 25,8 mm, experimento C com 4 DSP e 23,8 mm, experimento D com 7 DSP e 22,8 mm e experimento E com 10 DSP e 21,3 mm. A simulação de precipitação foi realizada através da irrigação por aspersão com deslocamento lateral (Figura 1.A).

Para avaliar a volatilização do N proveniente da aplicação da uréia, foram instaladas câmeras coletoras de amônia do tipo semi-aberto estático (Figura 1.B e 1.C), de acordo com a metodologia proposta por (Nõnmik, 1973). Porém em função da demanda por uma grande quantidade de coletores, optou-se pela medida da volatilização apenas no tratamento com dose de 200 kg de uréia ha⁻¹ e em apenas 3 blocos. As coletas das esponjas para análise em laboratório e quantificação da amônia volatilizada ocorreu aos 2, 4, 7, 10 e 14 dias após a aplicação da uréia.

Entre a aplicação da uréia em cobertura e a última coleta das esponjas contidas dentro das câmeras coletoras de N, observa-se na Figura 2 a ausência de precipitações pluviais, evento necessário para garantir o efeito das precipitações simuladas sobre a volatilização de N. A temperatura mínima no período oscilou entre 6 e 14 °C e a máxima acima de 20 °C, a radiação solar oscilou entre 6,3 e 19,5 com uma média de 15,2 MJ m² dia e a evapotranspiração potencial obtida no terceiro decêndio de julho e no primeiro e segundo decêndio de agosto foi de 22, 27 e 24 mm, respectivamente.

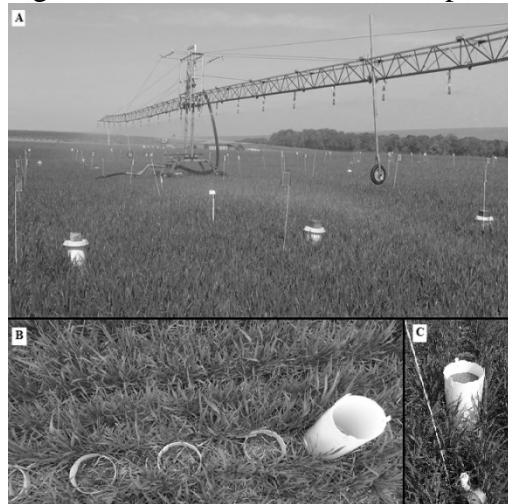


Figura 1. A) Equipamento utilizado para simulação da precipitação e visão geral do experimento. B e C) Câmeras coletoras de amônia do tipo semi-aberto estático. Itaberá-SP, safra 2014.

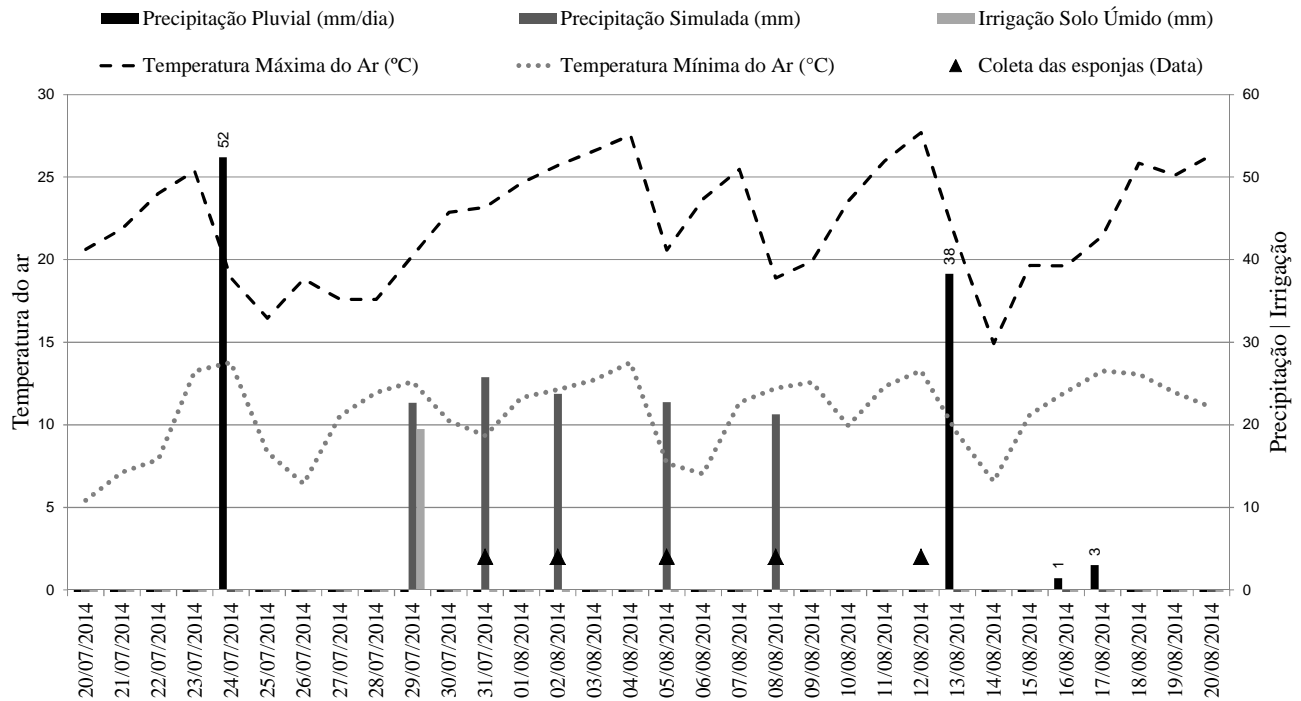


Figura 2. Valores de precipitação pluvial e simulada, irrigação para manutenção da condição de solo úmido, temperatura média do ar e data das coletas de esponjas para quantificação do N-NH₃, Itaberá-SP, safra 2014.

A caracterização do fator umidade do solo na pré-aplicação da uréia segue representada na Figura 3, onde observa-se a variação da tensão de água no solo na profundidade de 0,15 malém das diferenças entre a condição de solo úmido e solo seco.

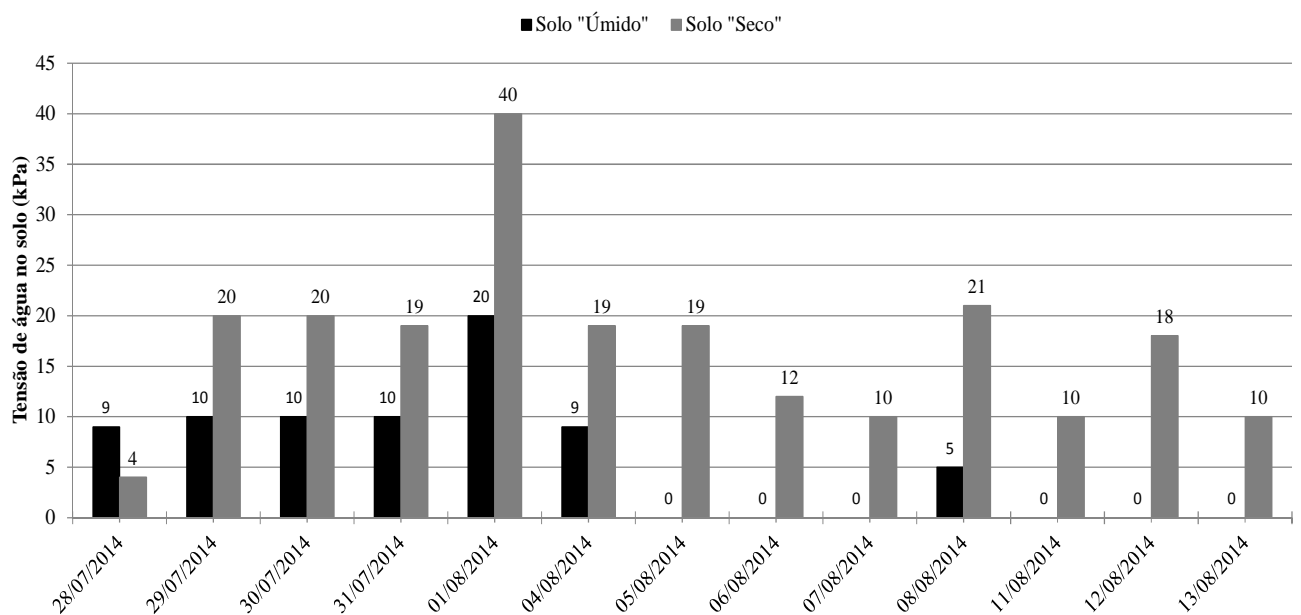


Figura 3. Tensão de água no solo (KPa), obtida por tensiômetros na camada 0-15cm, compreendendo a fase de pré-aplicação até 15 dias após a aplicação da uréia. Itaberá-SP, safra 2014.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Para a caracterização da biomassa, realizou-se a avaliação do índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN) proposto por Rouse *et al.*, (1974), por se tratar de um índice confiável e prático para quantificação de biomassa e do nitrogênio foliar (Moges *et al.*, 2004), este foi realizado no estádio de emergência das espigas (estádio 50 de Zadoks, 1974). Ao final do ciclo foi avaliados os principais componentes de produção como a umidade dos grãos em porcentagem no momento da colheita (UMID), peso hectolitro em kg L⁻¹ (PH) e produtividade corrigida em kg ha⁻¹ (PROD), segundo metodologia proposta por BRASIL (2009).

Após a verificação dos pressupostos das análises de variância, procedeu-se a análise dos fatores umidade do solo (US) e doses de uréia (DU) sobre os principais componentes de produção. Posteriormente, a análise de grupo de experimentos foi utilizada para avaliar a interação dos fatores US e DU com o fator dias sem precipitação após a aplicação da uréia (DSP), sobre as mesmas variáveis.

Sobre a análise da volatilização de N, a falta de câmaras coletoras de amônia possibilitou a mensuração apenas sobre a dose de 200 kg ha⁻¹ e sua variação em função dos dias sem precipitação após a aplicação da uréia em cobertura. Por fim, foram realizadas as análises de correlação, regressões simples e múltiplas entre as taxas de volatilização e as variáveis agrometeorológicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados na análise em grupo de experimentos com o objetivo de avaliar as interações duplas e até mesmo triplas entre os fatores estudados demonstraram ausência de efeito significativo. Ressalta-se que as medidas de tensão de água no solo observadas na profundidade de 0,15 m foram diferentes para as condições propostas de solo úmido e solo seco, porém os valores de tensão observados não podem ser considerados limitantes aos componentes de produção. Considerando que mais de 95% do nitrogênio presente no solo é preferencialmente absorvido por fluxo de massa, o fato da ausência de valores acima de 40 KPa (Figura 3) pode justificar as interações não significativas entre a umidade do solo, doses de uréia e dia sem precipitação.

Desta forma, as análises prosseguiram para verificar os efeitos individuais de cada fator sobre os componentes de produção. Para o fator umidade do solo na pré-aplicação da uréia, observou-se efeito significativo apenas para as variáveis estudadas apenas para o índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN) e para o peso hectolitro (PH), onde os menores valores de tensão de água no solo resultaram em maiores valores de biomassa e melhor relação entre volume e peso respectivamente (Tabela 1). Respostas semelhantes entre umidade do solo e biomassa de trigo também foram relatadas por Oviedo e Rudorff (2000). Sobre a relação do PH e o déficit hídrico, relatos de Guarienti *et al.*, (2005) evidenciaram as perdas significativas de PH em situações de déficit hídrico durante o cultivo do trigo. A ausência de efeito sobre as demais variáveis se deve a ausência de déficit hídrico durante os estádios de maior sensibilidade do trigo.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Tabela 1. Efeito do fator umidade do solo na pré aplicação de uréia (US) sobre as variáveis índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN), umidade dos grãos em porcentagem (UMID), peso de mil sementes em gramas (PMS), peso hectolitro em kg hl^{-1} (PH) e produtividade do trigo em quilogramas por hectare (PROD).

Umidade do Solo	IVDN (0 a 1)	UMID (%)	PMS (g)	PH (kg hl^{-1})	PROD (Kg ha^{-1})
Seco	0,656 B	16,5	33,3	78,3 B	4073
Úmido	0,666 A	16,3	33,3	78,7 A	4113
Prob> F	0,0009	0,1862	0,8665	0,0011	0,2498
Blocos	0,094	0,459	0,629	0,4058	0,7633
Média	0,661	16,4	33,3	78,5	4093
REQM	0,018	1,20	1,00	0,80	221
C. V.	7,07	17,53	4,61	2,09	11,29

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Student's a 5% de probabilidade. Prob>F = probabilidade de significância ao teste F. REQM = raiz do erro quadrático médio. C.V. = coeficiente de variação.

Para o fator dose de uréia (DU), tanto o índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN) quanto os demais componentes de produção apresentaram efeito significativo (Tabela 2). Entretanto, houve uma relação direta entre as doses crescentes de uréia e as variáveis IVDN, UMID, PROD e uma relação inversa das doses de uréia aplicadas durante o estágio de perfilhamento e o PMS e PH do trigo. Resultados semelhantes foram obtidos por Teixeira Filho *et al.*, (2010), onde as doses crescentes de nitrogênio no trigo resultaram em maior produtividade e menor peso de mil sementes e peso hectolitro. Da mesma forma, Povh *et al.*, (2007) relatou esta tendência direta entre as doses de nitrogênio e o IVDN, ou seja, quanto maior as doses de N maior a biomassa do trigo representado por tal índice.

Tabela 2. Efeito do fator doses de uréia (DU) em quilogramas por hectare aplicadas no perfilhamento sobre as variáveis índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN), umidade dos grãos em porcentagem (UMID), peso de mil sementes em gramas (PMS), peso hectolitro em kg hl^{-1} (PH) e produtividade do trigo em quilogramas por hectare (PROD).

Doses de Ureia	IVDN (0 a 1)	UMID (%)	PMS (g)	PH (kg hl^{-1})	PROD (Kg ha^{-1})
0	0,601 D	14,1 C	34,5 A	79,3 AB	3515 D
50	0,651 C	14,7 C	34,0 A	79,5 A	4086 C
100	0,677 B	16,2 B	33,1 B	78,9 B	4277 B
200	0,713 A	20,7 A	31,6 C	76,1 C	4493 A
Prob> F	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Blocos	0,094	0,459	0,629	0,4058	0,7633
Média	0,661	16,4	33,3	78,5	4093
REQM	0,018	1,20	1,00	0,80	221
C.V.	7,07	17,53	4,61	2,09	11,29

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Prob>F = probabilidade de significância ao teste F. REQM = raiz do erro quadrático médio. C.V. = coeficiente de variação.

Para o fator dias sem precipitação (DSP) após a aplicação da uréia em cobertura verifica-se o efeito significativo para produtividade (PROD) e o peso hectolitro do trigo (PH), com tendência direta entre estas variáveis e a maior quantidade de dias sem precipitação (Tabela 3). Uma das justificativas para estes resultados contrários ao esperado foi relatado por Sangoiet *al.*, (2003), que atribui o efeito da

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

precipitação simulada logo após a aplicação da uréia em cobertura, neste caso superiores a 20 mm, a maior lixiviação ou perda do nitrogênio na forma de nitrato (NH_3^-). Neste sentido, os tratamentos com maior intervalo entre a aplicação do N em cobertura e a precipitação simulada obtiveram maior tempo para assimilação deste nutriente, nas condições de umidade do solo observadas (interação não significativa entre US e DSP).

Tabela 3. Efeito do fator dias sem precipitação (DSP) após a aplicação da uréia em cobertura no perfilhamento sobre as variáveis índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN), umidade dos grãos em porcentagem (UMID), peso de mil sementes em gramas (PMS), peso hectolitro em kg hl^{-1} (PH) e produtividade do trigo em quilogramas por hectare (PROD).

Dias s/ precipitação	IVDN (0 a 1)	UMID (%)	PMS (g)	PH (kg hl^{-1})	PROD (Kg ha^{-1})
0	0,716	22,3	31,12	75,0 B	4156 B
2	0,712	20,7	31,34	76,0 AB	4465 AB
4	0,713	20,3	32,02	76,7 A	4556 A
7	0,720	20,2	31,11	76,1 AB	4654 A
10	0,706	19,7	32,16	76,7 A	4635 A
Prob> F	0,2263	0,1132	0,0912	0,0227	0,0022
Blocos	0,1884	0,6357	0,321	0,6732	0,7336
Média	0,713	20,65	31,55	76	4493
REQM	0,012	1,94	0,95	1,10	244
C. V.	2,18	9,58	3,34	1,6	6,31

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Prob>F = probabilidade de significância ao teste F. REQM = raiz do erro quadrático médio. C.V. = coeficiente de variação.

Considerando as medidas de volatilização do N apenas na dose de 200 kg de uréia ha^{-1} aplicada em cobertura, constatou-se a interação significativa entre os fatores umidade do solo e dias sem precipitação. Esta interação segue representada pela Figura 4, onde observa-se num primeiro instante a semelhança da volatilização da amônia nos intervalos de 0 e 2 dias sem precipitação após a aplicação da uréia, ou seja, a precipitação simulada de certa forma desfavorece as perdas por volatilização.

Posteriormente ao intervalo de 2 dias sem precipitação simulada, constatou-se diferença significativa entre as condições de umidade do solo na pré aplicação da uréia sobre as taxas de volatilização. Esta redução significativa da volatilização pela condição de solo úmido foi observada até o final do período analisado (14 dias), corroborando com a hipótese da influência da umidade sobre as perdas por volatilização. Estes resultados podem estar associados ao pico “normal” de volatilização, que segundo Duarte, *et al.*, (2007) e Viero, *et al.*, (2014), geralmente ocorrem entre o terceiro e sexto dia após a aplicação da fonte nitrogenada em cobertura.

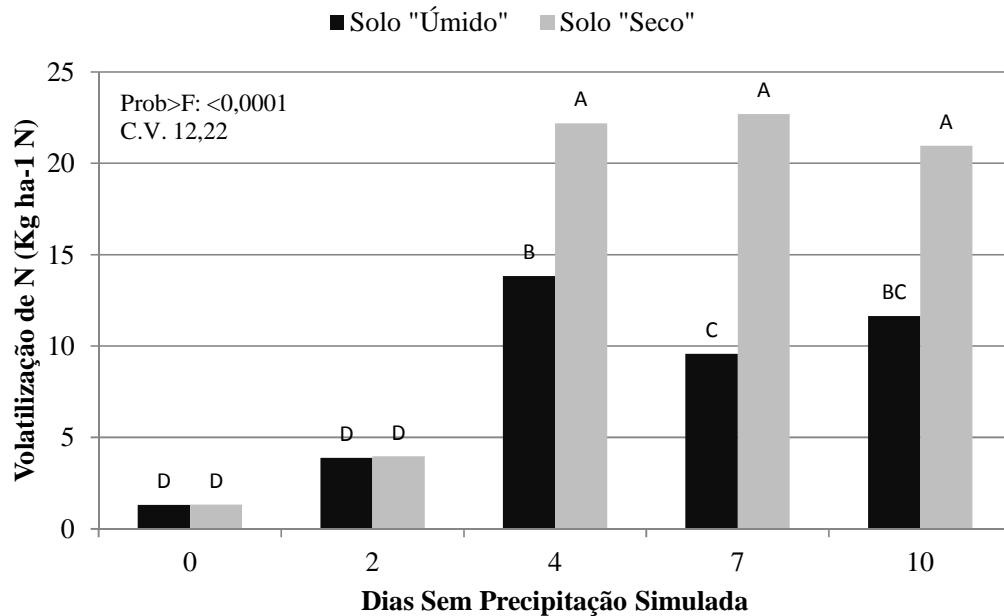


Figura 4. Efeito da interação entre os fatores umidade do solo na pré aplicação da uréia (US) e dias sem precipitação simulada após a aplicação em cobertura (DSP), sobre a variável volatilização da amônia acumulada entre 0 e 14 dias após a aplicação de uréia em cobertura (Kg ha⁻¹ de N). As médias da volatilização seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Prob>F=probabilidade de significância ao teste F. C.V.=coeficiente de variação.

Quando analisadas as perdas diárias de N, foi observado o valor máximo de 6,3 kg ha⁻¹ de N-NH₃ dia⁻¹, entre o quinto e sétimo dia, na combinação entre solo seco com precipitação simulada aos 7 dias após a aplicação da uréia em cobertura. Ao final dos 14 dias, este mesmo tratamento também acumulou as maiores perdas (20,6 kg ha⁻¹ de N). Estes valores mensurados foram semelhantes aos resultados de outros autores (Costa, Vitti, Cantarella, 2003; Duarte, *et al.*, 2007; Zavaschi, 2010; Viero, *et al.*, 2014).

Em posse das medidas de volatilização do nitrogênio e os registros agrometeorológicos coletados localmente em condição padrão, considerando a aplicação de uréia em cobertura na dose de 200 kg ha⁻¹, foi proposto um modelo linear múltiplo para estimar a % de N volatilizado através das informações sobre o número de dias sem precipitação após a aplicação da uréia em cobertura (DSP) com as variáveis derivadas número de horas com radiação maior que 600 W m² e número de dias com umidade relativa maior que 70%, com valores entre 0 e 14 dias após a aplicação (Figura 5). O modelo obteve um ajuste significativo obtendo P <0,0001, R² de 0,95 e REQM 1,0766.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

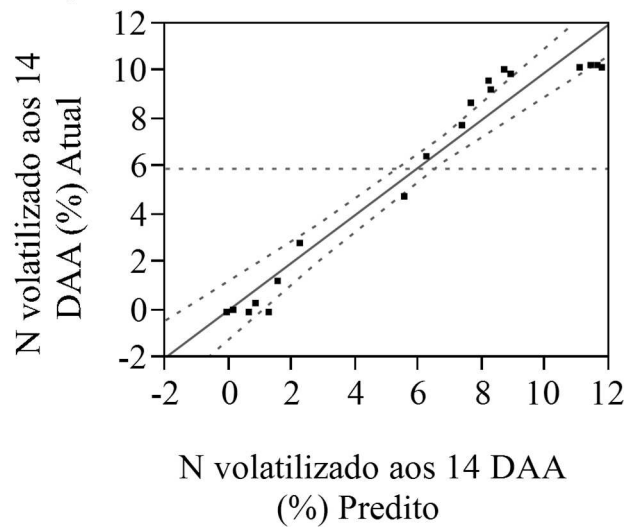


Figura 5. Volatilização acumulada de N-NH₃ observada na safra 2014 versus volatilização acumulada de N-NH₃ estimada através da regressão linear múltipla, com base nas informações de dias sem precipitação após a aplicação da uréia, número de horas com radiação maior que 600 W m² e número de dias com umidade relativa maior que 70%, considerando o período entre 0 e 14 dias após a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de ureia em cobertura. DAA = dias após a aplicação.

CONCLUSÕES

A condição de maior umidade do solo na pré aplicação da uréia em cobertura resultou em diferenças significativas apenas para as variáveis índice de vegetação por diferença normalizada e peso hectolitro quando analisada individualmente. Para a volatilização de N, que obteve interação significativa com o fator dias sem precipitação, a condição de maior umidade do solo resultou em um efeito benéfico onde reduziu a volatilização em intervalos entre a aplicação e precipitação maiores que 4 dias.

Intervalos de dias entre a aplicação de uréia e a precipitação maiores que 4 dias não são recomendados pensando-se em volatilização de N nas condições estudadas, porém ressalta-se o estudo de outras formas de perda de N, como por exemplo a lixiviação para se recomendar um intervalo apropriado entre a aplicação e a precipitação visto que mesmo com a maior volatilização não foi possível traduzir em perda de produtividade.

As doses crescentes de uréia se apresentaram como esperado, onde a cultura do trigo foi responsiva com o aumento da dose.

Em um primeiro momento já foi possível o desenvolvimento de uma regressão significativa para estimar a perda de N acumulada, porém ressalta-se a necessidade de novos trabalhos para a validação dos resultados obtidos e posterior implementação destas rotinas para prestação de serviços agrometeorológicos na região de atuação das Cooperativas ABC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF, 2009, p. 399.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



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 Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 631-637, 2003.

DE DATTA, S. K.. **Principles and Practices of Rice Production**. New York:John Wiley, 1981. 618p.

DUARTE, F. M.; POCOJESKI, E.; SILVA, L. S. GRAUPE, F. A.; BRITZKE, D. 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, 2007.

DIEST, V. A. Volatilización del amoníaco en los suelos anegados, y SUS repercusiones en el rendimiento de arroz. **Noticiarios de la Comisión Internacional del arroz**, v. 37, p. 1-6, 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006, p. 306.

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; CUNHA, G. R.; DEL DUCA, L. J. A.; CAMARGO, C. M. O.. Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso e déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. **Ciênc.Tecnol.Aliment.**, Campinas, v. 25, n. 3, p.412-418, 2005.

MOGES, S.M.; RAUN, W.R.; MULLEN, R.W.; FREEMAN, K.W.; JOHNSON, G.V.; SOLIE, J.B. Evaluation of green, red and near infrared bands for predicting winter wheat biomass, nitrogen uptake and final grain yield. **Journal of Plant Nutrition**. V.27, n.8, p.1431-1441, 2004.

NÖNMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soils. **Plant Soil**, v. 39, p. 309-318, 1973.

OVIEDO, A. F. P.; RUDORFF, B. F. T. Índice de área foliar e resposta espectral da cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) submetida ao estresse hídrico. **Rev. Biociênc.**, Taubaté, v. 6, n. 2, p.39-47, 2000.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E. S.. Efeito do nitrogênio em trigo cultivado após diferentes sucessões de culturas. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 33, n. 14, p.501-507, 1998.

POVH, F. P.; GIMENEZ, L. M.; SALVI, J. V.; FRASSON, F. R.; MOLIN, J. P.; PAULETTI, V.. Uso de sensor ótico ativo aplicado ao manejo de nitrogênio em trigo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis: INPE, 2007. p. 343 - 350.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE – 1 SYMPOSIUM, 1974, Washington. **Proceedings...** Washington: [s.n.], 1974, v.1, sec.A, p. 309-317.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C.. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciências Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 65-70, 2003.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G.. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 45, n. 8, p.794-804, 2010.

VIERO, F.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; MORAES, R. P. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers in no-till wheat and maize in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 38, p.1515-1525, 2014.

ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK C.F. A decimal code for growthstagesofcereals. **Weed Res.** v. 14, p. 415-421, 1974.

ZAVASCHI, E.. **Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de uréia revestida com polímeros**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.