

PERDAS DE NITROGÊNIO VIA EMISSÃO DE ÓXIDO NITROSO (N₂O) E VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA (NH₃) NO FEIJOEIRO IRRIGADO

BEATA EMOKE MADARI¹, MÁRCIA THAÍS DE MELO CARVALHO², PEDRO MARQUES DA SILVEIRA¹, MARIA DA CONCEIÇÃO SANTANA CARVALHO², MELLISSA ANANIAS SOLER DA SILVA³, TATIELY GOMES BERNARDES⁴, ADRIANA RODOLFO DA COSTA⁵, PEDRO LUIZ OLIVEIRA DE ALMEIDA MACHADO¹

INTRODUÇÃO: O nitrogênio (N) é um dos elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas e seu manejo, ou seja, fonte, quantidade, sincronização com a necessidade da planta e modo de aplicação podem determinar, fundamentalmente, a produtividade do feijoeiro. O manejo do N também afeta a eficiência da sua utilização, ou seja, quanto do N aplicado a cultura realmente aproveita e transforma em produtividade de grãos. A eficiência de uso do N depende da magnitude das perdas de N do sistema. Outra relevância das perdas de N está no impacto ambiental da produção agrícola, uma vez que as perdas podem afetar a concentração de íons potencialmente tóxicos ao organismo humano (p.ex. NO₃⁻) no solo e finalmente na água e nas plantas. Recentemente, a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera tem gerado preocupação pela mudança climática e o N₂O é um potente gás de efeito estufa. As principais vias de perda de N são a volatilização de amônia (NH₃), os óxidos de N (NO_x), emissão de óxido nitroso (N₂O) e a lixiviação de nitrato (NO₃⁻). A amônia é fonte de emissão indireta de N₂O. Nesse trabalho nosso objetivo foi avaliar as perdas de N do solo sob a forma gasosa oriundas de diferentes fontes (adubos) inorgânicas de N na cultura de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Pérola) irrigado por pivô central, em sistema plantio direto (SPD) com palha de braquiária (*Urochloa ruziziensis*).

Palavras-chave: Emissão total. Fator de emissão. Produtividade. Sistema plantio direto. *Phaseolus vulgaris*. Braquiária.

MATERIAL E MÉTODOS: Um experimento em campo instalado na Fazenda Capivara da Embrapa Arroz e Feijão em junho de 2010, foi selecionado para o estudo. O tipo de solo era Latossolo Vermelho distroférrico, textura argilosa (argila: 530 g/kg). Além da testemunha (sem adubação N), cinco adubos nitrogenados foram avaliados (6 tratamentos): Ureia (UR), SuperN (Ureia com inibidor da uréase), Ureia encapsulada com polímeros (UR+P), Sulfato de amônio (SA) e Nitrato de amônio (NA). Foram aplicados 20 kg/ha de N na semeadura (10/06/2010) e 80 kg/ha foram aplicados em cobertura a lanço. A NH₃ foi coletada usando-se câmaras semi-abertas conforme Araújo et al. (2009) e o N-NH₃ na solução coletora foi determinado por destilação (Kjeldahl). O N₂O foi coletado usando-se câmaras estáticas e a concentração de N-N₂O nas amostras foi determinada em cromatôgrafo a gás (PE XL System) com detector ECD. As medições foram feitas continuamente desde a semeadura até a colheita. O delineamento do experimento foi em blocos ao acaso com 6 tratamentos (tipos

¹ Pesquisador Embrapa Arroz e Feijão. Email: madari@cnpaf.embrapa.br; marcia@cnpaf.embrapa.br; pmarques@cnpaf.embrapa.br; pmachado@cnpaf.embrapa.br. Bolsistas PQ CNPq;

² Pesquisador Embrapa Arroz e Feijão. Email: marcia@cnpaf.embrapa.br; conceicao@cnpaf.embrapa.br;

³ Pós-doutoranda Universidade Federal de Goiás - UFG/Embrapa Arroz e Feijão. Bolsista Capes. Email: melsoler@cnpaf.embrapa.br;

⁴ Pós-graduanda Universidade Federal de Goiás - UFG/Embrapa Arroz e Feijão. Email: tatielygb@gmail.com;

⁵ Pós-graduanda Universidade de Brasília - UnB/Embrapa Arroz e Feijão. Email: adriana_rodolfo@yahoo.com.br.

de adubos + testemunha) com 5 repetições. A análise da variância foi feita usando o Teste F e a comparação das médias das fontes de N para volatilização de NH_3 e emissão de N_2O com o teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Fluxos de NH_3 foram detectados durante toda a cultura em todos os tratamentos e foram identificados dois picos (Figura 1): um menor logo após a semeadura durante aproximadamente uma semana sem diferença entre os tratamentos e logo após a adubação em cobertura por uma semana. No primeiro dia após adubação em cobertura, a UR gerou o maior fluxo atingindo $363 \text{ mg N/m}^2/\text{dia}$ e foi significativamente superior à testemunha ($8,7 \text{ mg N/m}^2/\text{dia}$) e outras fontes, exceto à UR+P ($158 \text{ mg N/m}^2/\text{dia}$). No segundo dia após adubação em cobertura, a UR+P emitiu mais NH_3 que a testemunha, mas não foi diferente dos outros tratamentos. Do terceiro dia após adubação em cobertura até colheita, não houve diferença entre os fluxos de NH_3 . A volatilização acumulada (Figura 2) apresentou diferença entre os tratamentos a partir do primeiro dia após a adubação em cobertura e o tratamento UR gerou a maior volatilização acumulada e essa diferença permaneceu até a colheita. As perdas de N por volatilização de NH_3 podem causar sensível aumento na ocasião da contabilização das emissões de N_2O (direta e indireta), uma vez que a NH_3 volatilizada gera emissão de N_2O por dois fatores de emissão indiretos: $\text{EF}_4=0,01$ (volatilização e reposição de N) e $\text{Frac}_{\text{GASF}}=0,1$ (volatilização de fertilizantes sintéticos).

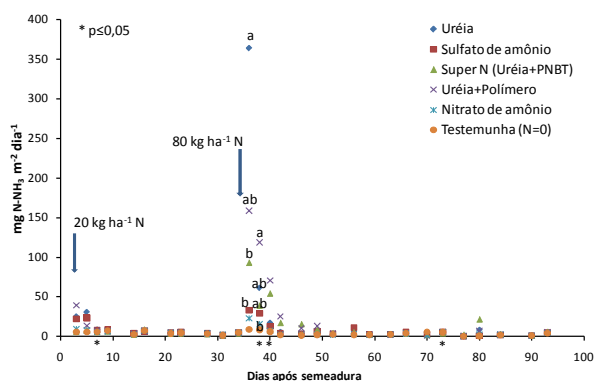


Figura 1. Fluxos de amônia ($\text{mg N-NH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$) em feijoeiro comum irrigado em SPD com palhada de braquiária, em Latossolo Vermelho distroférrico argiloso em Santo Antônio de Goiás, GO. Letras diferentes dentro de cada dia são diferentes a $p \leq 0,05$ segundo o teste de Tukey.

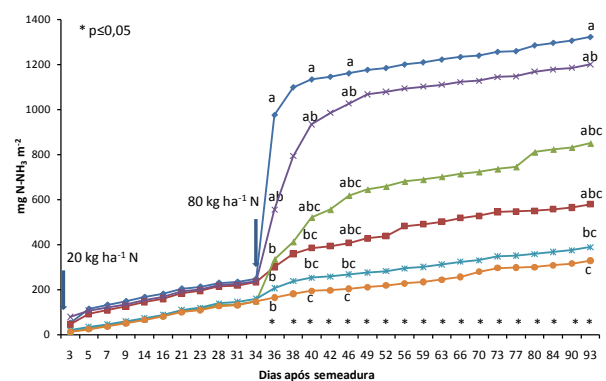


Figura 2. Volatilização acumulada de amônia ($\text{mg N-NH}_3/\text{m}^2$) em feijoeiro comum irrigado em SPD com palhada de braquiária, em Latossolo Vermelho distroférrico argiloso em Santo Antônio de Goiás, GO. Letras diferentes dentro de cada dia são diferentes a $p \leq 0,05$ segundo o teste de Tukey.

O maior fluxo de N_2O foi observado no dia 11/jun, primeiro dia após a semeadura (UR, $542 \mu\text{g N/m}^2/\text{dia}$). Os fluxos de N_2O (Figura 3), observando por dias de medição, não foram diferentes entre os tratamentos, exceto no dia 5/ago. Entretanto, observando a emissão acumulada durante o ciclo inteiro do feijoeiro (Figura 4), há diferença entre os tratamentos a partir do dia 04/set (87° dia após semeadura), sendo que a UR ($7648 \mu\text{g N-N}_2\text{O}/\text{m}^2$) emitiu mais do que o SA ($4920 \mu\text{g N-N}_2\text{O}/\text{m}^2$), não sendo diferente dos outros tratamentos, nem da Testemunha ($6285 \mu\text{g N-N}_2\text{O}/\text{m}^2$). Os fluxos e emissões aqui observados, tanto para a NH_3 quanto para o N_2O , são comparáveis a dados encontrados na literatura para solos em regiões tropicais (COSTA et al., 2003; CARVALHO et al., 2006 e 2008). Vale observar que enquanto os maiores fluxos das emissões de NH_3 aconteceram logo após a aplicação dos adubos, as emissões de N_2O foram mais constantes durante o ciclo da cultura. Isso é devido ao fato de

que a emissão de NH_3 é resultado de um processo principalmente químico (hidrólise da UR+pH favorável e posterior liberação de NH_3). A emissão do N_2O é resultado de processos biológicos no solo, principalmente da nitrificação e desnitrificação e é controlado por vários fatores. Comparando as emissões totais (Tabela 1) de NH_3 , o NA, SA e SuperN não emitiram mais do que a Testemunha (328 mg N/m^2). A UR (1322 mg N/m^2) e UR+P (1201 mg N/m^2) emitiram mais NH_3 que a testemunha durante 93 dias de medição. No caso do N_2O , as diferentes fontes de N não diferiram da testemunha ($6,285 \text{ mg N/m}^2$), entretanto houve diferença entre a UR ($7,648 \text{ mg N/m}^2$) e a SA ($4,920 \text{ mg N/m}^2$) durante 104 dias de medição. Os maiores fatores de emissão (F) foram observados para a UR ($F_{\text{NH}_3}=9,94$; $F_{\text{N}_2\text{O}}=0,017$) e UR+P ($F_{\text{NH}_3}=8,73$; $F_{\text{N}_2\text{O}}=0,011$) (Tabela 1). No caso do N_2O esses fatores estão abaixo do valor de “default” definido pelo IPCC (2006) que é igual a 1% e é utilizado nos inventários (aproximação Tier 1), mas estão comparáveis com os encontrados no Brasil em solos de regiões tropicais (Jantalia et al., 2008). Observando a produtividade, as fontes de N não se diferiram da testemunha (1836 kg/ha), exceto a UR+P (2528 kg/ha) que foi maior. Considerando o gás emitido por unidade de grão produzida (por kg grão), tanto para a NH_3 quanto para o N_2O os mais efetivos foram a SA (NH_3 : $2,611$ e N_2O : $0,019 \text{ g N/kg grão}$) e NA (NH_3 : $1,682$ e N_2O : $0,023 \text{ g N/kg grão}$), emitindo as menores quantidades desses gases. Neste trabalho as emissões foram avaliadas durante o ciclo do feijoeiro (semeadura a colheita). Porém, emissões que acontecem após esse período também devem ser contabilizadas nas emissões totais do sistema. Na realidade fatores de emissões devem ser calculados para um período de um ano calendário fechado de um sistema agrícola. Entretanto, os resultados apresentados representam a contribuição da volatilização de NH_3 e emissão de N_2O como vias de perda de N do sistema avaliado.

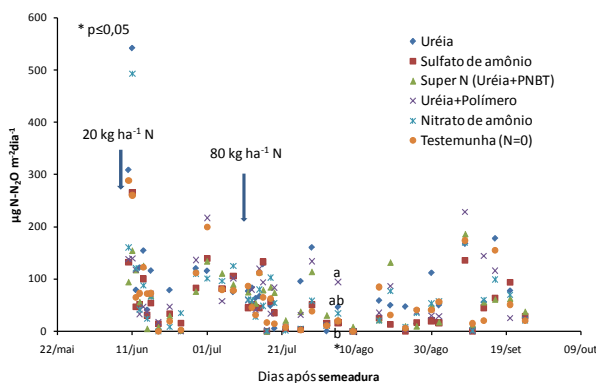


Figura 3. Fluxos de óxido nitroso ($\mu\text{g N-N}_2\text{O/m}^2/\text{dia}$) em feijoeiro comum irrigado em SPD com palhada de braquiária, em Latossolo Vermelho distroférico argiloso em Santo Antônio de Goiás, GO. Letras diferentes dentro de cada dia são diferentes a $p \leq 0,05$ segundo o teste de Tukey.

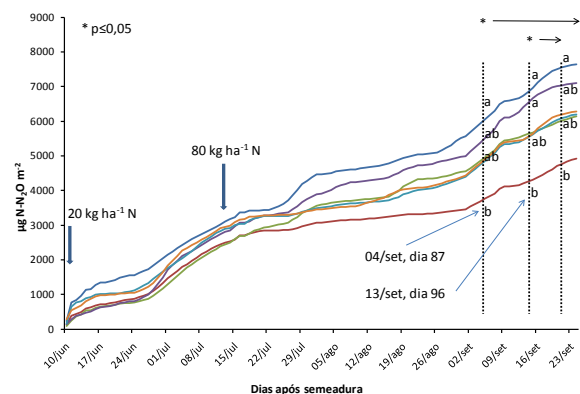


Figura 4. Emissão acumulada de óxido nitroso ($\mu\text{g N-N}_2\text{O/m}^2$) em feijoeiro comum irrigado em SPD com palhada de braquiária, em Latossolo Vermelho distroférico argiloso em Santo Antônio de Goiás, GO. Letras diferentes dentro de cada dia são diferentes a $p \leq 0,05$ segundo o teste de Tukey.

Tabela 1. Produtividade do feijoeiro (Prod), emissão total de N_2O e NH_3 (Etot), fatores de emissão (F), e emissão por unidade de grão produzida (E/Prod) em sistema irrigado, em Latossolo Vermelho distroférico argiloso em Santo Antônio de Goiás, GO.

	Prod	Etot N_2O	Etot NH_3	F N_2O	F NH_3	E/Prod N_2O	E/Prod NH_3
	kg/ha	----- mg N/m^2 -----	-----	----- % -----	-----	-- g N/kg grão --	--
Ureia	2528 a	7,648 a	1322 a	0,01703 a	9,9366 a	0,035 a	5,474 a

Super N	2421 ab	6,033 ab	850 abc	0,00750 ab	5,2196 ab	0,034 a	4,589 b
Ureia+ Polímero	2389 ab	7,111 ab	1210 ab	0,01145 ab	8,7284 ab	0,030 ab	4,818 b
Sulfato de amônio	2340 ab	4,920 b	579 abc	0,00148 ab	2,5104 ab	0,019 b	2,611 c
Nitrato de amônio	1887 ab	6,196 ab	388 bc	0,00640 b	0,6031 b	0,023 ab	1,683 c
Testemunha (N=0)	1836 b	6,285 ab	328 c	--	--	0,034 a	1,805 c
CV	14,98	23,54	55,67	87,95	109,56	22,23	25,22

Letras diferentes dentro de cada dia são diferentes a $p \leq 0,05$ segundo o teste de Tukey.

CONCLUSÃO: 1. A maior parte do N (>99%) foi perdida do sistema na forma de NH_3 que representou 0,6% (NA) a 9,9% (UR) do nitrogênio aplicado. **2.** Apesar da baixa quantidade de N perdido na forma de N_2O , esse processo de perda de N permanece importante devido ao grande potencial de aquecimento global (PAG) desse gás ($310 \times \text{PAG}_{\text{CO}_2}$). **3.** Por causa da grande quantidade de N perdido na forma de NH_3 , esse gás causa sensível aumento na ocasião da contabilização das emissões de N_2O . **4.** Em termos de produtividade a Ureia com polímero foi o fertilizante mais efetivo, mas em termos de menor emissão por kg de grão produzido o mais eficiente foi o Sulfato de amônio e Nitrato de amônio.

Instituições de fomento: Embrapa Arroz e Feijão; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E.S.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R. Câmara coletora para a quantificação de N- NH_3 volatilizado do solo. Embrapa Agrobiologia, Comunicado Técnico 87. 4 p. 2006.
- CARVALHO, A. M. de; BUSTAMANTE, M. M. da C.; KOZOVITS, A. R.; MIRANDA, L. N. de; VIVALDI, L. J.; SOUSA, D. M. de. Emissão de óxidos de nitrogênio associada à aplicação de ureia sob plantio convencional e direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 679-685, 2006.
- CARVALHO, M. T. M.; MADARI, B. E.; ALVES, B. J. R.; LEAL, W. G. O.; LANNA, A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MACHADO, P. L. O. DE A.; COSTA, A. R. DA; SILVA, J. H. DA; SOUZA, D. M. DE. **Emissão de N_2O e volatilização de NH_3 em sistema de produção de feijoeiro comum irrigado em Latossolo no Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 23 p. 2008.
- COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N- NH_3 de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, p. 631-637, 2003.

IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. CHAPTER 11 N₂O EMISSIONS FROM MANAGED SOILS, AND CO₂ EMISSIONS FROM LIME AND UREA APPLICATION. 54 p. 2006.

JANTALIA, C.P.; SANTOS, H.P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.** v.82, p.161–173, 2008.