

**FESURV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA
COM UREIA REVESTIDA NA CULTURA DO MILHO**

RHAFANEL PEREIRA BARROS

(Engenheiro Ambiental)

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL**

2011

RHAFANEL PEREIRA BARROS

**VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA
COM UREIA REVESTIDA NA CULTURA DO MILHO**

Artigo apresentado à Fesurv – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências da Faculdade de Engenharia Ambiental, para obtenção do título de *Engenheiro Ambiental*

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2011**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da FESURV**

Barros, Rhafael Pereira

Volatilização de amônia da adubação nitrogenada com
ureia revestida na cultura do milho / Rhafael Pereira Barros. –
Rio Verde – GO.: FESURV, 2011. 16f.: 29,7cm.

Monografia (artigo) Apresentada à Universidade de Rio Verde
– GO – FESURV, Faculdade de Engenharia Ambiental, 2011.
Orient: Prof. MSc. Álisson Vanin”.

RHAFael PEREIRA BARROS

**VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA
COM UREIA REVESTIDA NA CULTURA DO MILHO**

Artigo apresentado à Fesurv – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências da Faculdade de Engenharia Ambiental, para obtenção do título de *Engenheiro Ambiental*

APROVADA: 09 de dezembro de 2011

Prof. MSc. Álisson Vanin
(Orientador)

Prof. Dra. June Faria Scherrer Menezes
(Membro da banca)

Prof. Dr. Gustavo André Simon
(Membro da banca)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Regina Pereira dos Santos pelo apoio desde os primeiros passos a meu pai Ricardo Antonio de Oliveira Barros (*in memorian*) que mesmo não estando aqui fisicamente tenho certeza que estará sempre comigo a minha avó Engracia Vaz dos Santos (*in memorian*) pelo ensinamento que passou através de sua experiência de vida e a todos os meus familiares e amigos pela amizade e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Seria impossível citar aqui os nomes de todos aqueles que auxiliaram em minha trajetória. Porém, na tentativa de lembrar alguns, seguem os meus agradecimentos.

Ao meu orientador, Prof. Alisson Vanin, pelos ensinamentos e amizade.

Às alunas Ana Karolina Marques Messias e Daiane Ribeiro Pimentel Espíndola por ter ajudado nas análises laboratoriais desse projeto.

A todos os meus professores pelos ensinamentos compartilhados ao longo desses quatro anos.

A todos os meus colegas em especial Vilcianny Luiza, Rayrimma Borba, Heloiza Menezes, pela amizade e companheirismo ao longo da nossa jornada acadêmica.

À minha mãe Regina Pereira dos Santos, à minha irmã Rhayssa Pereira Barros e à minha namorada Letícia Caroline pelo carinho, apoio e amor.

A todos os meus amigos e primos que graças a Deus são muitos e espalhados pelo Brasil, por toda amizade e engrandecimento que me proporcionam.

À EMBRAPA SOLOS pelo apoio financeiro.

BIOGRAFIA

RHAFANEL PEREIRA BARROS, filho de Ricardo Antonio de Oliveira Barros e Regina Pereira dos Santos, nasceu no dia 10 de agosto de 1990, em Rio Verde, Goiás. Em 2007, concluiu o Ensino Médio pelo Colégio da Polícia Militar de Goiás - Unidade Carlos Cunha Filho. Iniciou o curso de Engenharia Ambiental na FESURV – Universidade de Rio Verde no início de 2008, graduando-se em dezembro de 2011.

Volatilização de amônia da adubação nitrogenada com uréia revestida na cultura do milho

Rhafael Pereira Barros

Resumo: O aumento da demanda mundial por alimentos vem exigindo maior eficiência na utilização de recursos. Dentre estes recursos encontram-se os fertilizantes nitrogenados, como a ureia, fonte concentrada de N. Porém, sua eficiência vem sendo questionada devido às perdas por volatilização de amônia. Neste contexto, foi desenvolvida uma tecnologia de revestimento da ureia, com o intuito de minimizar as perdas por volatilização de amônia. O objetivo deste trabalho foi avaliar ao efeito da aplicação superficial de diferentes doses de ureia revestida na volatilização de amônia e em algumas características agrônômicas na cultura do milho. O experimento foi realizado em casa de vegetação, na Fesurv – Universidade de Rio Verde, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições e cinco tratamentos. Os tratamentos consistiram de quatro doses de ureia revestida (25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de N) e uma testemunha, sem aplicação de uréia. A aplicação da uréia foi realizada quando as plantas estavam em estágio fenológico V4, aos 35 dias após a emergência das plântulas. As coletas da amônia volatilizada foram realizadas a cada 24 horas por um período total de 240 horas, segundo metodologia descrita por Araújo et al. (2006). Aos 60 dias após a emergência (DAE) ocorreu a coleta da parte aérea e raízes das plantas. Posteriormente, o material foi levado para o laboratório de solos para realização das análises referentes à matéria seca de parte aérea e raízes das plantas e concentração foliar e radicular de nitrogênio. A análise estatística foi realizada pelo programa estatístico Sisvar. O aumento das doses de ureia revestida não teve efeito significativo na produção de massa seca de parte aérea e de raízes, nem tampouco na concentração foliar e radicular de nitrogênio das plantas. A volatilização de amônia não foi influenciada pelas doses de ureia revestida aplicadas.

Palavras-chave: concentração, matéria seca, nitrogênio, *Zea mays*

Ammonia volatilization from nitrogen fertilization with coated urea in corn

Abstract: The increasing global demand for food has required greater efficiency in resource utilization. Among these resources are nitrogen fertilizers, such as urea, concentrated source of N. However, its effectiveness has been questioned due to losses by ammonia volatilization. In this context, it was developed a coating technology of urea, in order to minimize losses by ammonia volatilization. The objective of this study was to evaluate the effect of surface application of different doses of coated urea in ammonia volatilization and in some agronomic characteristics in maize. The experiment was conducted in a greenhouse, at Fesurv – Universidade de Rio Verde, in a completely randomized design, with five replications and five treatments. The treatments consisted of four doses of coated urea (25, 50, 75 and 100 kg ha⁻¹ of N) and a control, without the application of urea. The application of urea was performed when the plants were in V4 developmental stage, 35 days after seedling emergence. The collection of the volatilized ammonia were performed each 24 hours, in a total of 240 hours, using the methodology described by Araújo et al. (2006). At 60 days after emergence (DAE) was the collection of plant's leaves and roots. Subsequently, the material was taken to the soil laboratory to analyze the mass of dry plant's leaves and roots and the nitrogen

concentration in leaves and roots. The statistical test was made by the statistical program Sisvar. Increasing doses of coated urea had no significant effect on dry matter production of shoots and roots, nor in the concentration of leaf nitrogen and root. The volatilization of ammonia was not affected by doses of coated urea applied.

Key words: concentration, dry matter, nitrogen, *Zea mays*

INTRODUÇÃO

No Brasil o milho está entre as principais culturas cultivadas no país, com uma área plantada em junho de 2011 de 13,5 milhões de hectares, com produção estimada de 58 milhões de toneladas. As três principais culturas cultivadas no país são o arroz, milho e soja, ocupando 82,5% das áreas (IBGE, 2011).

Na cultura do milho a adubação nitrogenada deve ser observada de acordo com diversas condições de solo, clima e sistema de cultivo. Foram encontradas respostas generalizadas à adubação nitrogenada, sendo que 70 a 90% dos ensaios realizados no Brasil respondem a aplicação de nitrogênio (Cruz et al., 2005).

O nitrogênio é um nutriente requerido em grandes quantidades em diversas culturas. Na cultura do milho, sua deficiência pode interferir na produtividade da lavoura. Naturalmente, o solo contém N na forma orgânica, que pode ser mineralizado através da ação microbiana. Devido ao grande requerimento da cultura e ao lento processo de liberação do N durante o ano, na maioria das vezes a mineralização do N orgânico não é o suficiente para atender a demanda da cultura, o que requer uma fonte alternativa de nitrogênio no solo (Muller, 2010).

O nitrogênio (N) é constituinte de aminoácidos, ácidos nucleicos e da clorofila das plantas e é muito importante no desenvolvimento vegetal. Cerca de 78% da composição atmosférica é de N₂, podendo ser fixado biologicamente através de associações não simbióticas e simbióticas de algumas bactérias com as plantas ou fixado industrialmente, gerando os fertilizantes nitrogenados, como a ureia. Os fertilizantes nitrogenados são caros e, além disso, o nitrogênio presente nos mesmos pode ser perdido no sistema solo-planta, principalmente com aplicações superficiais, devido à volatilização de amônia (Cantarella, 2007).

A adubação nitrogenada e seus excessos nas aplicações orgânicas e minerais podem acarretar a contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos pela grande quantidade de nitrogênio, principalmente na forma de nitrato, provocando prejuízo ao meio ambiente e a saúde humana (Resende, 2002).

A época ideal para aplicação do nitrogênio depende da cultura, no milho, parte do nitrogênio é aplicada na semeadura e o restante em cobertura quando a planta estiver com 4 a 8 folhas desenvolvidas (Pottker et al., 2004).

A absorção de nitrogênio pelo milho ocorre durante todo o ciclo vegetativo da planta, e apresenta uma exigência menor na fase inicial do crescimento. As altas concentrações de nitrogênio na zona radicular apresentam um grande benefício para o rápido crescimento e produção de grãos (Silva et al., 2005).

O período em que a absorção de nitrogênio é mais intensa é de 40 a 60 dias após a germinação, mas a planta absorve uma pequena quantidade na germinação e após o florescimento formando então três fases para absorção: uma no crescimento inicial lento (germinação), outra no crescimento rápido onde 70% a 80% da matéria seca são acumulados, e outra fase onde o crescimento volta a ser lento acumulando cerca de 10% de toda massa de matéria seca (Vasconcellos et al., 1998).

A aplicação de nitrogênio pode sofrer perdas por volatilização de amônia, que consiste na passagem da amônia para a atmosfera conforme a seguinte reação: $\text{N-NH}_4^+ + \text{OH}^- (\text{aquoso}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{N-NH}_3 (\text{gás})$. A amônia perdida por volatilização envolve inicialmente a hidrólise da ureia por meio da urease, enzima extracelular produzida por bactérias, actinomicetes e fungos do solo (Byrnes et al., 2000).

Fatores como temperatura, trocas gasosas, taxa de evaporação de água, poder tampão, capacidade de troca catiônica e classe textural do solo podem interferir na volatilização de amônia no solo. A adição de água, por exemplo, pode promover a difusão da ureia e, portanto aumentar o contato da urease no solo (Hargrove et al, 1988).

Devido as altas perdas por volatilização de amônia, foram desenvolvidos revestimentos destes fertilizantes ou inibidores da urease, visando diminuir as perdas. As perdas por volatilização de amônia proveniente da aplicação superficial de uréia em cana de açúcar podem chegar a 36% (Costa et al., 2003). Porém, com a aplicação de uréia com inibidor de urease a volatilização de ureia pode ser reduzida em até 60% em relação às formas comuns de ureia (Guimarães et al., 2010).

A ureia revestida é um fertilizante solúvel com nitrogênio na forma tradicional, porém revestido com uma barreira física que minimiza a exposição do nutriente. No caso do revestimento com polímeros a liberação se dá através da difusão da camada de cobertura determinado pelas características químicas do polímero, da espessura da cobertura, e da temperatura do meio. Os polímeros propiciam controle de liberação e sincronização de acordo com as necessidades nutricionais das plantas (Blaylock, 2007).

A utilização de ureia revestida com polímeros e ureia com inibidor de urease aumentou o teor de nitrogênio na folha e foi eficiente na redução da volatilização de amônia em aproximadamente 50% em relação a ureia comum. A temperatura e a umidade foram fatores determinantes na volatilização de nitrogênio (Pereira et al., 2009).

Segundo Zavaschi (2010) em experimento realizado com ureia revestida e ureia comum apesar de não ter uma diferença considerada nas perdas acumuladas por volatilização, a ureia revestida obteve picos de volatilização menores que a uréia comum proporcionando a planta um período maior de absorção do nutriente no solo.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi mensurar as perdas por volatilização de amônia com aplicação superficial de uréia revestida na cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação na Universidade de Rio Verde, em Rio Verde-GO, entre abril e agosto de 2011. Foram utilizados vasos de 10 L, contendo 8,5 kg de subsolo classificado como Latossolo Vermelho distroférico (Embrapa, 2006).

As características químicas e físicas do solo foram: Ca: 0,27; Mg: 0,08; K: 0,02; Al: 0,01; (H+Al): 2,2; Soma de bases: 0,38; CTC: 2,61, em cmolc dm^{-3} ; P: 0,18 mg dm^{-3} ; matéria orgânica: 4,10 g kg^{-1} ; pH (CaCl_2): 4,65; areia, silte e argila: 160; 130; e 710 g kg^{-1} , respectivamente.

Para corrigir a baixa fertilidade do solo e suprir as necessidades da cultura do milho durante a condução do ensaio, foi efetuada a aplicação de calcário dolomítico tipo filler dois meses antes da semeadura para elevar a saturação de bases a 50%. Também foram empregados o equivalente a 30 kg ha^{-1} de N, 380 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 50 kg ha^{-1} de K_2O , na forma de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, incorporados ao solo antes da semeadura. Também foi aplicado 60 kg ha^{-1} de K_2O como cloreto de potássio em cobertura, no estágio fenológico (V4), aos 35 dias após a emergência das plântulas, juntamente com as doses de N.

Antes da semeadura, a umidade do solo foi elevada a 60% da capacidade de campo e foi mantida constante durante a condução do ensaio. Posteriormente, foram utilizadas sementes do híbrido comercial de milho ATL 200, cujas sementes foram tratadas com Fludioxonil, Metalaxil-M, Pirimifós methyl e Deltamethrin (2,5; 1,0; 1,6 e 1,5 g para cada 100 kg de sementes, respectivamente). Foram semeadas quatro sementes por vaso,

sendo realizado o desbaste aos sete dias após a emergência (DAE), deixando-se duas plantas por vaso. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia revestida) e cinco repetições,

As adubações foram aplicadas a lanço em cobertura nas parcelas no dia 15 de julho de 2011. Imediatamente após a aplicação das adubações no solo, instalaram-se as câmaras coletoras, utilizando-se um sistema de câmara semi-aberta estática de plástico transparente tipo PET de 2 litros sem a base, com área de 0,008 m². Em seu interior foi utilizada uma fita de espuma de polietileno de 2,5 cm de largura e 25 cm de comprimento embebida em solução de H₂SO₄ 0,55 mol L⁻¹ + glicerina 2% (v/v), segundo metodologia descrita por Araújo et al. (2006). As fitas de coleta de amônia volatilizada foram substituídas nos períodos subsequentes a 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216 e 240 horas após a aplicação.

As amostras foram encaminhadas para o laboratório de solos da Fesurv para determinação dos teores de amônia volatilizada pelo método de destilação de arraste de vapores semi-micro Kjeldahl (Silva et al., 2009).

Foram analisadas também características como: acúmulo de massa seca na parte aérea e massa seca de raízes das plantas e concentração foliar e radicular de nitrogênio (N) nas plantas. O corte das plantas ocorreu aos 60 DAE, com a posterior determinação da massa seca da parte aérea e das raízes das plantas.

Para determinação da massa seca, foram coletadas a parte aérea e radicular das plantas oriundas de cada tratamento, submetendo o material à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante. As amostras foram pesadas para determinação do peso seco da parte aérea e das raízes, expressando os resultados em gramas. Após a pesagem o material foi moído em moinho tipo Willey e levado ao laboratório de solos da Universidade de Rio Verde para determinação da concentração foliar e radicular de N de acordo com metodologia descrita por Silva et al. (2009).

Os dados foram submetidos a análise de variância utilizando-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise dos resultados, verificou-se que não houve diferença significativa entre as doses de ureia revestida aplicadas na superfície do solo para as variáveis analisadas (Tabela 1).

Tabela 1. Massa seca da parte aérea (MSPA) e raízes (MSR) e concentração de nitrogênio na parte aérea (NPA) e raízes (NRA) de plantas de milho submetidas à aplicação superficial de diferentes doses de ureia revestida.

Doses	MSPA	MSR	NPA	NRA	Volatilização
- kg ha ⁻¹ de N -	----- g planta ⁻¹ -----	----- g kg ⁻¹ -----	----- g kg ⁻¹ -----	----- g kg ⁻¹ -----	--- kg ha ⁻¹ ----
0	2,20	2,89	14,26	8,06	5,25
25	2,13	4,44	21,62	12,96	4,94
50	2,40	3,53	23,40	12,60	5,33
75	3,52	5,39	21,26	12,96	5,38
100	2,53	3,52	23,42	8,22	5,47
C.V.(%)	33,42	34,79	25,30	31,97	7,17

Os resultados obtidos permitem considerar que nas condições em que o experimento ocorreu e com as doses utilizadas, não houve influência do aumento da dose de nitrogênio nas características agrônomicas avaliadas. Zavaschi (2010) não encontrou diferença na concentração foliar de nitrogênio em plantas de milho submetidas à aplicação superficial de 0, 45 e 90 kg ha⁻¹ de ureia revestida com polímeros. Espindola (2010) também não encontrou diferenças na concentração foliar de N com a aplicação de ureia comum e ureia com inibidor de urease com doses de até 150 kg ha⁻¹.

Pode-se justificar este resultado devido às características da uréia revestida, pois a mesma apresenta liberação lenta de nutrientes (Guimarães et al., 2010), tal liberação pode ter influenciado a disponibilidade de nutrientes à planta e o seu consequente crescimento vegetal e radicular. No entanto, Cantarella (2007) analisando dados obtidos por Trenkel (1997) em vários experimentos nos Estado Unidos, afirma que o rendimento de grãos de milho foi superior em 12% quando a ureia foi tratada com inibidor de urease (NBPT).

Outro fator que pode ter influenciado as avaliações, é a data da colheita das plantas de milho, fato que ocorreu aos 60 DAE, período próximo da aplicação superficial em cobertura das doses de nitrogênio. Pois o nitrogênio foi aplicado em cobertura aos 35 dias após a emergência das plantas. Sendo assim, houve apenas 25 dias para a liberação do N da ureia, absorção pela planta e acúmulo nos tecidos, diminuindo assim as possíveis diferenças em períodos mais longos de avaliação.

Não houve diferença na volatilização de amônia nas diferentes doses de ureia aplicadas. As perdas por volatilização de amônia variaram de 4,93 a 5,47 kg ha⁻¹, podendo ser consideradas baixas. Resultados semelhantes foram obtidos por Zavaschi (2010), em que as perdas acumuladas em dez dias atingiram aproximadamente 4 kg ha⁻¹.

O inibidor de urease NBPT pode inibir a hidrólise da ureia por um período de três a quatorze dias, dependendo das condições de umidade e temperatura do solo (Cantarella (2007). Neste contexto, a diferença não significativa que ocorreu entre as doses aplicadas é justificada devido ao curto período de tempo para utilização do nitrogênio pelas plantas e ao fato do experimento ter sido realizado em vaso e em período do ano de menor desenvolvimento vegetal do milho.

CONCLUSÕES

1. O aumento das doses de ureia revestida não influenciou a produção de massa seca de parte aérea e de raízes, nem tampouco a concentração foliar e radicular de nitrogênio das plantas.
2. A volatilização de amônia não foi influenciada pelas doses de ureia revestida aplicadas.
3. A repetição deste ensaio a campo, pode gerar informações mais próximas da realidade, devido ao volume de solo, condições ambientais e ciclo da cultura diferentes.

LITERATURA CITADA

ARAÚJO, E. S.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R. **Câmara coletora para quantificação do N-NH₃ volatilizado do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 87).

BLAYLOCK, A. Novos Fertilizantes Nitrogenados: O Futuro dos Fertilizantes Nitrogenados de Liberação Controlada. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 120, p. 8-10, dez. 2007.

BYRNES, B. H. Liquid fertilizers and nitrogen solutions. In: International Fertilizer Development Center. **Fertilizer manual**. Alabama: Kluwer Academic, 2000. p. 20- 44.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. et al. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

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**, v.27, p.631-637, 2003.

CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F. P.; PEREIRA FILHO, I. A.; COELHO, A. M. Resposta de cultivares de milho à adubação nitrogenada em cobertura. Sete Lagoas: **EMBRAPA**. p.65, Comunicado Técnico 116, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

ESPINDOLA, M. C. **Inibidor de urease (NBPT) e a eficiência da ureia na fertilização do trigo irrigado**. 2010. 70f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

GUIMARÃES, G. G. F.; PAIVA, D. M.; RENA, F. C.; SOUZA, H. N. de; PEREIRA, C. G.; CANTARUTTI, R. B. Volatilização de amônia pela hidrólise da uréia com diferentes formas de acabamento. **Informações agronômicas**, n.131, 2010.

HARGROVE, W. I. Soil environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B.R.; KISSEL, D.E. (Ed). **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Alabama; NFDC, TVA, 1988. cap.2 p.17-36.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola (estimativas)**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa>>. Acesso em: 07/07/2011.

MULLER, R. A. **Nitrogênio na cultura do milho**. Disponível em: <http://www.cotrisoja.com.br/index.php?id_menu=artigos&id_artigo=30&nome=NITROGENIO%20NA%20CULTURA%20DO%20MILHO>. Acesso em: 04/04/2011.

PEREIRA, H. S; LEÃO, A. F; VERGINASSI, A; CARNEIRO M. A. C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1685-1694, 2009.

POTTKER, D; WIETHOLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, p.1015-1020, 2004.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 29p. (EMBRAPA, documentos, 57).

SILVA, E. C. da; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. de, GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29 n.5, p.725-733, 2005.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MUROKA, T; CARMO, C. A. F. S. do; MELO, W.J de. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Editor técnico). **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. p. 191-233.

VASCONCELLOS, C. A.; VIANA, M. C. M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1835-1945, 1998.

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