

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ANTECIPAÇÃO DE NITROGÊNIO PARA A CULTURA DO MILHO
EM SUCESSÃO A GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS NO SISTEMA
PLANTIO DIRETO**

LETUSA MOMESSO MARQUES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP
Julho - 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ANTECIPAÇÃO DE NITROGÊNIO PARA A CULTURA DO MILHO
EM SUCESSÃO A GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS NO SISTEMA
PLANTIO DIRETO**

LETUSA MOMESSO MARQUES

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Co-orientador: Prof. Dr. Rogério Peres Soratto

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP
Julho – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M357a Marques, Letusa Momesso, 1989-
Antecipação de nitrogênio para a cultura do milho em sucessão a gramíneas forrageiras no sistema plantio direto / Letusa Momesso Marques. - Botucatu : [s.n.], 2015
vi, 47 f. : grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
Coorientador: Rogério Peres Soratto
Inclui bibliografia

1. Milho - Adubação. 2. Milho - Semeadura. 3. Plantio direto. 4. Fertilizantes nitrogenados. I. Crusciol, Carlos Alexandre Costa. II. Soratto, Rogério Peres. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

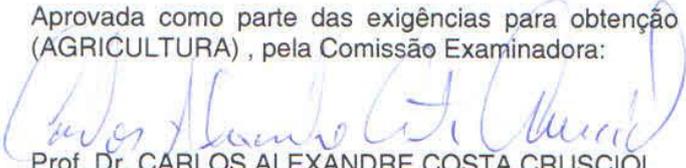
TÍTULO: ANTECIPAÇÃO DE NITROGÊNIO PARA A CULTURA DO MILHO EM SUCESSÃO A GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

AUTORA: LETUSA MOMESSO MARQUES

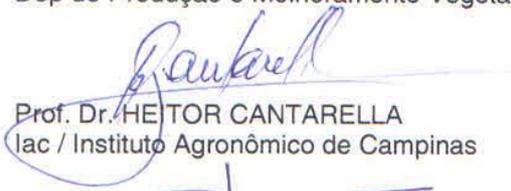
ORIENTADOR: Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. ROGERIO PERES SORATTO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu


Prof. Dr. HEITOR CANTARELLA
Iac / Instituto Agrônomo de Campinas


Prof. Dr. LUIS IGNÁCIO PROCHNOW
IPNI - International Plant Nutrition Institute

Data da realização: 07 de julho de 2015.

“Uma pergunta vai norteando todo nosso percurso humano.
Toda pergunta exige uma resposta, toda resposta exige uma busca, toda busca exige um
compromisso e todo compromisso exige uma tomada de decisão.”

Pe Emerson Rogério Anizi
Catedral Sant’Ana – Botucatu/SP

*Aos meus pais Edilene e Paulo,
à minha irmã Sâmia,
e aos meus avós Evaristo Luiz e Maria Natalina*

DEDICO

*Ao meu tio Evaristo Júnior,
à toda minha família e
aos meus amigos e colegas de profissão*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, simplesmente por tudo, tanto pelos dias de vitória quanto pelos dias difíceis, que a cada momento me fortalecem. Toda honra, toda glória e toda minha gratidão.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, pela inestimável orientação, despertando-me sempre para além dos conhecimentos encontrados e guiando-me com incentivo e bons conselhos, pela influência direta em minha formação profissional e pelas “portas” abertas. Mestre exemplo de dedicação e doação.

Aos meus pais Paulo Donizete Marques e Edilene Francisca Momesso Marques, pela dedicação, sacrifício e imenso amor. Nunca mediram esforços para que meus sonhos se tornassem realidade. E a minha irmã, Sâmia Momesso Marques, por ser minha cúmplice na vida. Eu amo vocês.

À Faculdade de Ciências Agronômicas, pela oportunidade, pelo suporte e por ser a minha segunda casa em Botucatu/SP.

À Coordenação e aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Rogério Peres Soratto pela disponibilidade e apoio concedido para a realização deste trabalho.

Aos Prof. Dr. Ciro Antonio Rosolem e Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes, pela sabedoria transmitida, sugestões e incentivo na busca do saber.

Aos funcionários do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Dorival Pires de Arruda, Vera Lúcia Rossi, Eliane Gonçalves e Valéria Cristina R. Giandoni, pela disponibilidade, amizade e ajuda concedida. E aos companheiros de batalha no campo, Célio Mariano Ricardo, Casimiro Edson Alves, Milton Matheus Vieira, Ciro de Oliveira e Antônio Oliveira Camargo, pelo auxílio e conhecimento prático.

Aos meus amigos de pós-graduação, Katiúça Sueko Tanaka, Claudio Hideo Martins da Costa, Jayme Ferrari Neto e Antonio Carlos de Almeida Carmeis Filho, que me acolheram como irmã desde o início. Companheiros de muito trabalho, cujas parcerias facilitaram vencer os desafios dessa jornada.

Aos estagiários Amanda Puia Pietron (Ahlelek), Beatriz da Silva Fabreti (Misstranha), Camila Meucci (Kpote), Gabriela Riguetto Roque (Saponga), Lucas André Curto Donini (CB), Maurício Hideki Okada, Rafael Prezzotto (Flósculo), Vinicius

Hideki Tada Perino (Paraguai) e Vitor Sônego Bortolotti (Resmungo). Equipe empenhada que auxiliou na condução do experimento. Agradeço a cada um pela ajuda, momentos de descontração e amizade.

Aos que de alguma forma se fizeram presentes. Em especial à Gabriela Ferraz de Siqueira, Magnun Antonio Penariol, Daniele Scudeletti, Jorge Martinelli Martelo, Ariani Garcia e Natália Corniani, que começaram como colegas de profissão e tornaram-se amigos, partilhando alegrias e momentos essenciais.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e participaram de mais esta etapa da minha vida.

MUITO OBRIGADA!

Sumário

1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO DE LITERATURA	8
5. MATERIAL E MÉTODOS	15
5.1 Localização e caracterização da área experimental.....	15
5.2 Delineamento experimental e tratamentos	17
5.3 Histórico das áreas e implantação das plantas de cobertura.....	18
5.4 Instalação e condução dos experimentos.....	18
5.5 Avaliações experimentais.....	20
5.5.1 Produção de matéria seca e acúmulo e quantidade remanescente de N no resíduo das plantas de cobertura.....	20
5.5.2 Diagnose foliar do milho	21
5.5.3 Altura de plantas do milho	21
5.5.4 Produção de matéria seca do milho	21
5.5.5 Componentes de produção	22
5.5.6 Eficiência de utilização do N aplicado (EUN)	22
5.6 Análise estatística.....	23
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6.1 Produção de matéria seca de plantas de cobertura e vegetais e quantidades acumuladas e remanescentes de macronutrientes	24
6.2 Teores de macronutrientes na folha diagnose do milho	29
6.3 Altura de plantas, produção de matéria seca da parte aérea, componentes da produção, produtividade de grãos e eficiência de utilização do nitrogênio	31
7 CONCLUSÕES.....	35
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 RESUMO

Atualmente, a recomendação da fertilização nitrogenada para a cultura do milho (*Zea mays*) em sistema plantio direto no Brasil é realizada com base no conceito da produtividade esperada. Tem surgido a possibilidade de novas alternativas de manejo da adubação nitrogenada nesses sistemas. A exemplo, alguns agricultores têm aplicado todo o nitrogênio (N) antecipadamente na planta produtora de palha, ou sobre a palhada às vésperas da semeadura da cultura seguinte. O objetivo do presente trabalho foi verificar a viabilidade da técnica dessa prática, nesse sistema de produção. O ensaio foi avaliado durante três anos safra (2011/12, 2012/13 e 2014/15), na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu – SP. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema fatorial 2x6. Os tratamentos foram constituídos pelas plantas de cobertura do solo *Urochloa brizantha* e *U. ruziziensis*, combinadas com seis formas de manejo da adubação nitrogenada, sendo estas: 1- aplicação de nitrogênio 20 dias antes da dessecação (DAD), 2– 10 DAD, 3– 5 DAD, 4– aplicação sobre a palhada 1 dia antes da semeadura (DAS), 30 dias após a dessecação, 5– convencional (30 kg ha⁻¹ de N na semeadura + 170 kg ha⁻¹ de N em cobertura), e um tratamento controle, sem aplicação de N. Foram realizadas as seguintes avaliações nas plantas forrageiras: produção de massa de matéria seca e quantidade de macronutrientes acumulados; e para a cultura do milho foi determinada a massa de matéria seca da parte aérea, diagnose foliar, altura de plantas, componentes de produção e produtividade de grãos. A *Urochloa brizantha* produz palha e cicla nutrientes em maiores quantidades que a *Urochloa ruziziensis*, porém o percentual

liberado é semelhante. A quantidade de N liberada pelas plantas de cobertura nos manejos com aplicação de N antes da dessecação não supre adequadamente a cultura do milho, reduzindo os valores dos componentes da produção e, conseqüentemente, a produtividade de grãos. É possível realizar a aplicação de todo N na cultura do milho sobre a palhada, às vésperas da semeadura, com resultados semelhantes ao manejo convencionalmente recomendado.

Palavras-chave: *Zea mays*, adubação nitrogenada, *Urochloa brizantha*, *Urochloa ruziziensis*, semeadura direta.

NITROGEN EARLY APPLICATION FOR CORN IN SUCCESSION TO FORRAGE GRASSES IN NO-TILLAGE SYSTEM. Botucatu, 2015. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LETUSA MOMESSO MARQUES

Adviser: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

2 SUMMARY

Currently, the recommendation of nitrogen fertilization for corn (*Zea mays*) in no-tillage system in Brazil is carried out based on the concept of expected yield. The possibility of new alternatives has emerged for management of nitrogen fertilization on these systems. Some farmers are applying all nitrogen (N) in advance to the straw producing crop or on the straw on the eve of sowing the maize crop. The objective of this study was to verify the technical viability of this practice, in no-tillage system. The experiment was evaluated for three crop years (2011/12, 2012/13 and 2014/15), at Lageado Experimental Farm, Faculty of Agricultural Sciences - UNESP, Botucatu, SP, Brazil. The experimental design was a randomized block with four replications, in factorial 2x6. The treatments were a combination of cover crops *Urochloa brizantha* or *U. ruziziensis*, with six forms of management of nitrogen fertilization: 0 kg ha⁻¹ N (control); three managements anticipated in the cover crops (20, 10 and 5 days before desiccation); pre-sowing (1 day before) at a dose of 200 kg ha⁻¹ N; and conventional application in maize (30 and 170 kg ha⁻¹, at seeding and sidedressed at the four leaf stage, respectively). The following evaluations were performed on forage plants: dry matter mass yield and accumulated amount of macronutrients, and the corn crop were determined dry matter of shoots, leaf analysis, plant height, yield components and grain yield. The application of N before the desiccation of cover crops, increased dry matter yield and the accumulation of macronutrients, mainly for *Urochloa brizantha*. Regardless of the management of nitrogen, there was an increase in the number of ears per plant, grain per spike, the mass of one hundred grains and productivity of grains in succession to *Urochloa brizantha*. It was feasible to anticipate the application of N at pre-

seeding in *Urochloa brizantha* or *Urochloa ruziziensis*, targeting the nutrient supply to the corn crop in succession without reduced yield when compared to conventional application.

Keywords: *Zea mays*, nitrogen fertilization, *Urochloa brizantha*, *Urochloa ruziziensis*, crop system.

3 INTRODUÇÃO

O sistema de plantio direto (SPD) destaca-se perante ao sistema convencional de manejo do solo por melhorar paulatinamente as características físicas, químicas e biológicas do solo com o passar dos anos. Essas melhorias têm refletido em incremento nas produtividades das culturas e, com a integração lavoura-pecuária, tem aumentado o aproveitamento de áreas agrícolas. Isto porque estas áreas antes ficavam ociosas durante parte da estação de outono, de todo inverno e parte da primavera, passando recentemente a serem cultivadas plantas forrageiras perenes, nos períodos de entressafra, ou seja, por apenas 6 a 7 meses.

O SPD tem sido utilizado em países com clima tropical por ser opção de produção de alimentos com menor custo, facilidades de operação práticas de campos e índices maiores de sustentabilidade em relação ao sistema convencional de manejo do solo. Para este sistema ter sucesso é preconizado o não revolvimento do solo, a cobertura permanente com resíduo vegetal e a rotação de culturas, refletindo diretamente na conservação do solo e da água.

As plantas cultivadas, seja para a produção de grãos ou apenas para produção de resíduos vegetais, e a palha deixada sobre a superfície do solo funcionam como “uma bomba recicladora de nutrientes”, na qual a decomposição do material orgânico libera gradativamente os nutrientes para a cultura posterior. Essa dinâmica de decomposição do material de cobertura é importante para melhoria do sistema, em que a eficiência do processo biológico em decompor os resíduos vegetais depende da natureza do material, do volume de

produção de biomassa, do manejo da cultura de cobertura, da fertilidade e do pH do solo, dos nutrientes orgânicos disponíveis e das condições climáticas.

Assim, a escolha das plantas na rotação de culturas é imprescindível para a sustentabilidade do SPD, principalmente em regiões com inverno seco, onde existe dificuldade de produção de palha no período de outono/inverno, decorrente das condições climáticas limitantes. Uma alternativa é a utilização de forrageiras tropicais perenes, como as espécies do gênero *Urochloa*, devido as características do sistema radicular vigoroso e profundo, com elevada tolerância à deficiência hídrica, eficientes na absorção de nutrientes e com grande capacidade de produção de biomassa.

No entanto, quando essas espécies são utilizadas no sistema e a cultura sucedânea é um cereal, o manejo de nitrogênio passa a ser o fator mais limitante no sistema produtivo. O nitrogênio é o nutriente de maior demanda pelas gramíneas e é suprido insuficientemente em muitas situações, necessitando ser fornecido por meio de adubação mineral, para obtenção de elevadas produtividades de grãos.

O manejo sustentável da adubação nitrogenada é essencial e muito difícil em razão das perdas por lixiviação e volatilização que ocorrem no sistema solo-planta. O alto custo energético para a obtenção do adubo nitrogenado e seu manejo adequado aumentam o custo econômico, podem promover contaminação do ambiente e limitar o potencial produtivo da cultura, refletindo em menor produtividade. Os agricultores ultimamente têm feito a adubação de N sobre a palhada antes da dessecação na planta de cobertura ou em pré-semeadura da cultura, visando intensificar o rendimento das operações na propriedade. Porém, não há estudos que afirmem os benefícios dessa prática.

Diversos fatores influenciam na eficiência da adubação nitrogenada, como a cultura cultivada, o solo da área, a dose do nutriente, a fonte, a forma de aplicação, o parcelamento, as condições ambientais e a distribuição pluviométrica, ainda que o N é passível de perdas na complexidade do solo. Em SPD, a modificação na ciclagem dos nutrientes é devido à ausência de revolvimento do solo e, com a lenta decomposição da palha na superfície do solo, o N é afetado pela alteração nos processos de imobilização, mineralização, lixiviação, volatilização e desnitrificação.

Em vista das informações descritas acima, foram testadas as seguintes hipóteses: a) a aplicação de N nas plantas produtoras de palha, alguns dias antes da dessecação, é eficiente no fornecimento de N para a cultura do milho, b) existem diferenças na eficiência dessa prática de acordo com a espécie de planta de cobertura

utilizada e, c) é possível aplicar o fertilizante nitrogenado a lanço sobre a palhada, no dia da semeadura, visando o fornecimento de N para a cultura do milho.

Objetivou-se com o presente trabalho: a) avaliar a viabilidade da aplicação de N na planta produtora de palha, visando o suprimento de N para a cultura do milho em sucessão a *U. brizantha* e *U. ruziziensis*, b) a eficiência dessa prática pode diferir conforme a espécie utilizada como planta de cobertura e, c) avaliar a viabilidade da aplicação de N sobre a palha de *U. brizantha* e *U. ruziziensis*, às vésperas da semeadura da cultura do milho.

4. REVISÃO DE LITERATURA

O sistema plantio direto (SPD) é definido pela ausência do revolvimento do solo e pelo acúmulo de restos vegetais sobre a superfície do solo formando uma cobertura. A função de manter os restos vegetais na superfície do solo, além de protegê-lo da radiação solar, é diminuir o impacto das gotas de chuva, reduzir a evaporação da água e aumentar a eficácia da ciclagem dos nutrientes. Pode até mesmo controlar significativamente o surgimento das plantas daninhas nas áreas agrícolas, em razão da liberação de substâncias alelopáticas e efeito físico da cobertura que promovem alterações nas condições de germinação das sementes e emergências das plântulas (HECKLER et al., 1998; CRUZ et al., 2007; BORGHI et al., 2008; FAGERIA; BALIGAR, 2008; LEITE et al., 2010).

A exploração do sistema integração lavoura-pecuária (ILP) em sistema plantio direto possibilita a permanência de cobertura de resíduo vegetal no uso de pastagens, tanto de gramíneas como de leguminosas, com culturas anuais (CARVALHO et al., 2010; HENTZ et al., 2014). A ILP tem se tornado opção vantajosa, beneficiando duas atividades de importância econômica, proporcionando ganhos mútuos ao produtor (MACEDO, 2009), principalmente nas regiões do bioma Cerrados (FREITAS, 2005; LANDERS, 2007) e demonstrando maior eficiência em preservar os recursos naturais (KLUTHCOUSKI et al., 2007).

O interesse, nesse modelo de exploração, apoia-se nos benefícios que podem ser alcançados pelo sinergismo entre a rotação do pasto e das culturas de primeira

safra, como melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, quebra de ciclo de doenças e redução de insetos-pragas e de plantas daninhas, diminuição de custos na recuperação e na renovação de pastagens em processo de degradação (LANDERS, 2007; VILELA et al., 2011; MORAES et al., 2014).

Apesar das vantagens, o sucesso desse sistema sob SPD depende do conhecimento do sistema agrícola como um todo (PARIZ et al., 2011a). Fatores como o manejo adequado e a utilização da tecnologia de modo correto são imprescindíveis para produção da biomassa de forragem (JAKELAITIS et al., 2005) e a redução das perdas expressivas de produtividade da lavoura de grãos (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003). A biomassa produzida contém os nutrientes extraídos das camadas mais profundas do solo pelas forrageiras, disponibilizando-os superficialmente para a cultura sucessora, após o manejo e a decomposição pela ação do ambiente (CRUSCIOL et al., 2008; CRUSCIOL; SORATTO, 2009).

O manejo das plantas de cobertura e a escolha da espécie afetam tanto a quantidade quanto a persistência dos resíduos vegetais, e alteraram a fertilidade e a qualidade do solo (CALONEGO; ROSOLEM, 2010; ANDERS et al., 2012; GARCIA et al., 2013). Além disso, o clima está diretamente ligado a quantidade e persistência dos resíduos vegetais. Nas condições tropicais, a decomposição é maior em relação as condições de clima temperado (ARGENTA et al., 2001; CALONEGO et al., 2005; ROSOLEM et al., 2005). As condições climáticas, com destaque para o regime de chuvas, a espécie empregada e o tipo de solo interferem diretamente na velocidade de liberação dos nutrientes das plantas de cobertura (PRIMAVESI et al., 2002; ROSOLEM et al., 2003).

Outro fator que determina a permanência das coberturas na superfície do solo e a liberação dos nutrientes, são as características da espécie no que se refere a composição bioquímica, as concentrações de nutrientes e a relação carbono/nitrogênio, incidindo diretamente na taxa de mineralização de nutrientes, em especial o N (RIBEIRO JÚNIOR; RAMOS, 2006; MANZONI et al., 2008; FORTES et al., 2012).

A espécie de planta de cobertura a ser utilizada e o planejamento da rotação e sucessão de culturas dependem do objetivo do agricultor. Quando estas culturas são utilizadas na entressafra, permanecem no solo, ciclam nutrientes e diversificam a produção agrícola, além de resultarem em estratégia para melhoria da qualidade ambiental e da diminuição dos efeitos da monocultura, como economia no uso da água e de fertilizantes

(ALLEN et al., 2007). Dentre as mais utilizadas, objetivando as atividades agrícola e pecuária, têm sido desenvolvidos estudos com gramíneas forrageiras (GARCEZ et al., 2011; SORATTO et al., 2013; NASCENTE et al., 2013; BORGHI et al., 2014), por proporcionarem proteção do solo por mais tempo, serem eficientes na reciclagem de nutrientes (CALONEGO et al., 2012) e aumentarem a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

As gramíneas forrageiras são apropriadas para a cobertura do solo e fornecimento inicial de palhada devido à elevada capacidade de produção de matéria seca, facilidade de aquisição de sementes e de implantação, rusticidade, rapidez na formação da cobertura, exercendo a função de reciclar nutrientes, adequado ciclo, e ainda características ecofisiológicas compatíveis ao local de cultivo e possível retorno financeiro (ARGENTA et al., 2001). A palhada de gramíneas fornece nutrientes, como fósforo, potássio e nitrogênio às culturas sucessoras, a médio e longo prazo, especialmente na camada superficial (FLOSS, 2000).

Dentre as espécies comumente utilizadas, o gênero *Urochloa* tem se destacado pela sua formação de palha ser uma alternativa viável para a manutenção do ILP em plantio direto (ANDRIOLI, 2004; NUNES et al., 2006; BORGHI; CRUSCIOL, 2007; TIMOSSI et al., 2007; CRUSCIOL et al., 2012, 2013). Nesse sistema de produção, esta forrageira é manejada como planta anual, sendo utilizada para produção de forragem e de palhada para o SPD (ALVARENGA et al., 2006; BORGHI et al., 2013).

Ademais, o alto potencial de produção de matéria seca (PARIZ et al., 2011b; SEREIA et al., 2012; CRUSCIOL et al., 2014) e a elevada relação C:N das braquiárias retardam sua decomposição e aumentam a possibilidade de utilização em regiões mais quentes, onde a decomposição é acelerada (TIMOSSI et al., 2007). Salton (2001) salienta que, apresentam ativo e contínuo crescimento radicular, alta capacidade de produção de biomassa, reciclagem de nutrientes e preservação do solo no que diz respeito à matéria orgânica, nutrientes, agregação, estrutura, permeabilidade, infiltração de água no solo e melhor movimentação e conservação de água no perfil, em função dos canais abertos pelas raízes.

Segundo Boer (2007), essas forrageiras já estão difundidas e aceitas pelos produtores rurais pela sua facilidade na produção de matéria seca como cobertura do solo. Isso porque as espécies de braquiárias, devido ao hábito perene, são caracterizadas pela

capacidade em suportar o estresse hídrico e altas temperatura durante o inverno e a primavera (PACHECO et al., 2008).

A *Urochloa ruziziensis* proteger contra erosão pela boa cobertura, seus resíduos vegetais reduzem a densidade e a massa seca das plantas daninhas (HIRATA et al., 2009) e é pouco exigente em fertilidade em comparação com outras forrageiras (CECCON, 2013). A espécie é considerada por muitos produtores como a cobertura vegetal mais adequada para execução do SDP, uma vez que seu crescimento é prostrado, com menor entouceiramento, facilitando o desempenho das semeadoras, e por ser altamente sensível ao glifosato, favorecendo as operações de dessecação e o plantio mecanizado (GIANCOTTI, 2012; CECCON, 2013). Esta forrageira é comumente utilizada em entressafra, podendo ser semeada em sobressemeadura, tanto na cultura do milho como na da soja.

O capim marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) é uma gramínea tolerante a solos com baixo pH e altos tores de alumínio, classificada como exigência nutricional intermediária dentre as forrageiras (MONTEIRO, 2010), produz elevada quantidade de forragem, é tolerante à seca, possui elevada capacidade de rebrotação, persistência e resistência a cigarrinhas das pastagens (NUNES et al., 1985; FELISMINO et al., 2012). A espécie é utilizada quando há a implantação de pastagens por um período de no mínimo um ano.

O crescimento inicial da *Urochloa brizantha* é lento (PORTES et al., 2000), sendo semeada no final de março e conduzida por um período de 110 dias, não se destaca na produção de fitomassa e no acúmulo de N, apresentando 2.100 kg ha⁻¹ e 41 kg ha⁻¹, respectivamente (TORRES et al., 2005). Porém, ao ser conduzida por um período maior, após o início das chuvas de primavera-verão em setembro, seu crescimento é retomado proporcionando aumento no acúmulo de fitomassa seca, atingindo valores superiores à 11.000 kg ha⁻¹ (TIMOSSI et al., 2007).

O crescimento das forrageiras é estimulado mais rapidamente pela adubação nitrogenada e o aumento das doses de nitrogênio resulta no aumento da fitomassa, porém ainda mais importante que a dose, há a dinâmica e o manejo do nitrogênio. (BORGHI, 2008). A palha acumula esse nutriente para a cultura sucessora, podendo disponibilizar o N de forma rápida e intensa (ROSOLEM et al., 2003; CRUSCIOL et al., 2005), ou lenta e gradual. É necessário o uso de técnicas para aumentar o acúmulo de palhada por parte das plantas de cobertura (KLIEMANN et al., 2006) e para que a decomposição e a taxa de

liberação dos nutrientes estejam sincronizadas com a demanda das culturas anuais semeadas em sucessão (GAMA- RODRIGUES et al., 2007).

No SPD, a decomposição do material orgânico é mais lenta por permanecer na superfície, reduzindo o contato com os microrganismos (GONÇALVES; CERETTA, 1999; CERETTA et al., 2002), e por consequência, alterando processos com a imobilização, mineralização, lixiviação e volatilização do N (LARA CABEZAS et al., 2000; CANTARELLA, 2007; RHOCHETTE et al., 2009).

No solo, o N disponível é controlado pelos microrganismos atuam nos processos de mineralização e imobilização, no qual a matéria orgânica pode funcionar como fonte ou dreno de N, dependendo basicamente da relação C/N e da composição bioquímica dos resíduos culturais em decomposição (D'ANDRÉA et al., 2004; BORGHI et al., 2014) e do tempo de adoção do sistema plantio direto (SÁ, 1999). Mesmo estes microrganismos do solo imobilizando parcial ou totalmente o N, com a sua morte após algumas semanas, este nutriente será novamente liberado para a solução do solo (mineralização) ou incorporado às células de outros microrganismos (SÁ, 1999; FERREIRA et al., 2011; KNUPP; FERREIRA, 2011).

Dentro do ciclo do N no solo, os processos de mineralização e imobilização representam um subciclo do N no solo (CANTARELLA, 2007). Dessa maneira, a imobilização prevalece devido o aporte de material orgânico exceder a decomposição nos primeiros anos do SPD. Alguns anos após a adoção desse sistema, os processos de imobilização e mineralização se igualam. E, posteriormente, a contribuição do N dos resíduos decompostos torna-se maior que a quantidade de N imobilizado pelos microrganismos do solo (SORATTO, 2011).

A cultura do milho se destaca na ILP devido às múltiplas utilizações, por ser destinado tanto para o consumo humano como empregado na alimentação de animais dentro da propriedade agrícola. O aumento da produtividade da cultura do milho está diretamente ligado a aplicação de N (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2000). O nitrogênio é o nutriente mais acumulado pelas plantas e exportado nos grãos na cultura do milho. Em média, a extração de nitrogênio na planta inteira é de 28 kg t⁻¹ e a exportação nos grãos de N é de 54%, de maneira que mais da metade do nitrogênio acumulado na planta é exportado nos grãos de milho (DUARTE; CANTARELLA, 2014).

Na cultura do milho, a suplementação dos macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) é realizada com a avaliação da situação da

fertilidade do solo e a posterior recomendação de fertilizantes no Estado de São Paulo, com ampla adoção por parte dos produtores rurais (RAIJ et al., 1994; RAIJ et al., 1997; CANTARELLA; RAIJ; QUAGGIO, 1998). Por outro lado, para o N a recomendação da fertilização nitrogenada é realizada por meio da produtividade esperada através da curva de resposta das culturas em relação a várias doses do nutriente (RAIJ et al., 1997; SANTOS et al., 2002; SILVA, 2002; KLUTHCOUSKI et al., 2006), sem levar em consideração o N fornecido pelo solo por meio da mineralização da matéria orgânica (OTTO et al., 2013).

Além disso, as aplicações de N no milho em sucessão as plantas de cobertura no sistema de plantio direto são baseadas em dados experimentais obtidos em sistemas de preparo com revolvimento do solo. A recomendação atual de adubação nitrogenada é a aplicação de 30 a 50 kg ha⁻¹ de N por ocasião da semeadura e 150 kg ha⁻¹ em cobertura, iniciada no momento em que as plantas apresentarem três a quatro folhas plenamente expandidas e finalizadas até a emissão da sexta-sétima folhas, de acordo com Fancelli (2010).

A adubação nitrogenada realizada com o parcelamento da dose objetiva aumentar sua eficiência e prevenir as possíveis perdas por volatilização e lixiviação (DENG et al., 2015). Porém, o N aproveitado pelo milho na forma de fertilizante é baixo, devido a sua dinâmica no sistema solo-planta ser influenciada por diversos fatores, dentre eles o sistema de cultivo, as formas de manejo, as condições edafoclimáticas e o tipo de fertilizante empregado (FIGUEIREDO et al., 2005; SILVA et al., 2006; CANTARELLA et al., 2008). Conforme dados obtidos utilizando fertilizantes marcados com ¹⁵N, a recuperação do N fertilizante é inferior a 60% do N aplicado (SCIVITTARO et al., 2000; LARA CABEZAS et al., 2005; ALVES et al., 2006; GAVA et al., 2006; SILVA et al., 2006; DUETE et al., 2008).

Para o manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho, a produtividade de grãos não apresenta diferença significativa quando há aplicação de N em pré-semeadura e cobertura (PÖTTKER; WIETHÖLTER, 2004; LARA CABEZAS et al., 2005; LARA CABEZAS; COUTO, 2007; BERTOLINI et al., 2008; LANGE et al., 2008), embora observou-se redução na produtividade do milho em anos de elevada precipitação pluvial, após a aplicação do N em pré-semeadura (BASSO; CERETTA, 2000; PÖTTKER; WIETHÖLTER, 2004; CANTARELLA; DUARTE, 2005; SILVA et al., 2005).

O N continua manejado de forma parcelada para a cultura do milho (KLUTHCOUSKI et al., 2005a; KLUTHCOUSKI et al., 2005b), sendo aplicado pequena

parte da dose na semeadura e o restante em cobertura. A dificuldade de incorporação do fertilizante em sistemas com espessa camada de palha e a tentativa de aumentar o rendimento das operações agrícolas (LANGE et al., 2008; ROCHETTE et al., 2009), fez com que alguns agricultores buscassem alternativas, como realizar a aplicação de N sobre a palha dessecada ou não, em pré-semeadura ou em cobertura. Contudo, ainda não se sabe ao certo qual a eficiência e viabilidade dessa prática.

Alguns autores, com o objetivo de reduzir a competição entre as culturas anuais e a imobilização do N no momento da semeadura, têm proposto a antecipação da adubação nitrogenada, nas plantas antecessoras, para o fornecimento do nutriente às culturas anuais posteriores (CERETTA et al., 2002), ou a aplicação em pré-semeadura das culturas anuais (BASSO; CERETTA, 2000; MAI et al., 2003; LARA CABEZAS et al., 2004, 2005; PÖTTKER; WIETHÖLTER, 2004).

A antecipação do N objetiva garantir maior eficiência de utilização do nutriente pela planta, menor intervenção na lavoura, tornar mais flexível o cronograma operacional da propriedade, e ainda racionalizar o uso de máquinas e de mão de obra. Embora fatores como a imobilização do N por microrganismos do solo, a espécie e a rotação de plantas de cobertura utilizadas, a relação C/N da palha e o regime de chuvas da região (FANCELLI, 2010; SORATTO, 2011), possam colocar em dúvida a eficiência da adubação nitrogenada.

Afim de atender a demanda de N da cultura subsequente, é necessário que a liberação de N dos resíduos aportados pelas plantas de cobertura ocorra em sincronismo com a demanda da cultura em sucessão (AMADO et al., 2000; AITA; GIACOMINI, 2003; ACOSTA et al., 2014). Diante do exposto, é evidente a importância da busca por técnicas alternativas que possibilitem a utilização eficiente do nitrogênio e, conseqüentemente, a produtividade da cultura do milho, no SPD, em sucessão a gramíneas forrageiras.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de pesquisa foi constituído de três experimentos conduzidos em diferentes áreas nos anos agrícolas de 2011/12, 2012/13 e 2014/15.

5.1 Localização e caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental Lageado, na Faculdade de Ciências Agrômicas (FCA/UNESP), em Botucatu, SP. As áreas estão localizada à latitude 22°51' S e longitude 48°26' W e a altitude é de 740 m.

Segundo a classificação climática de Köeppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa. É caracterizado pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994). A temperatura média máxima é 28 °C e a média mínima é 12 °C, com precipitação média anual em torno de 1358 mm (CEPAGRI, 2015). Os dados climáticos registrados durante a condução dos experimentos estão contidos na Figura 1.

Mediante levantamento detalhado realizado por Carvalho et al. (1983) e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2013), o solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico.

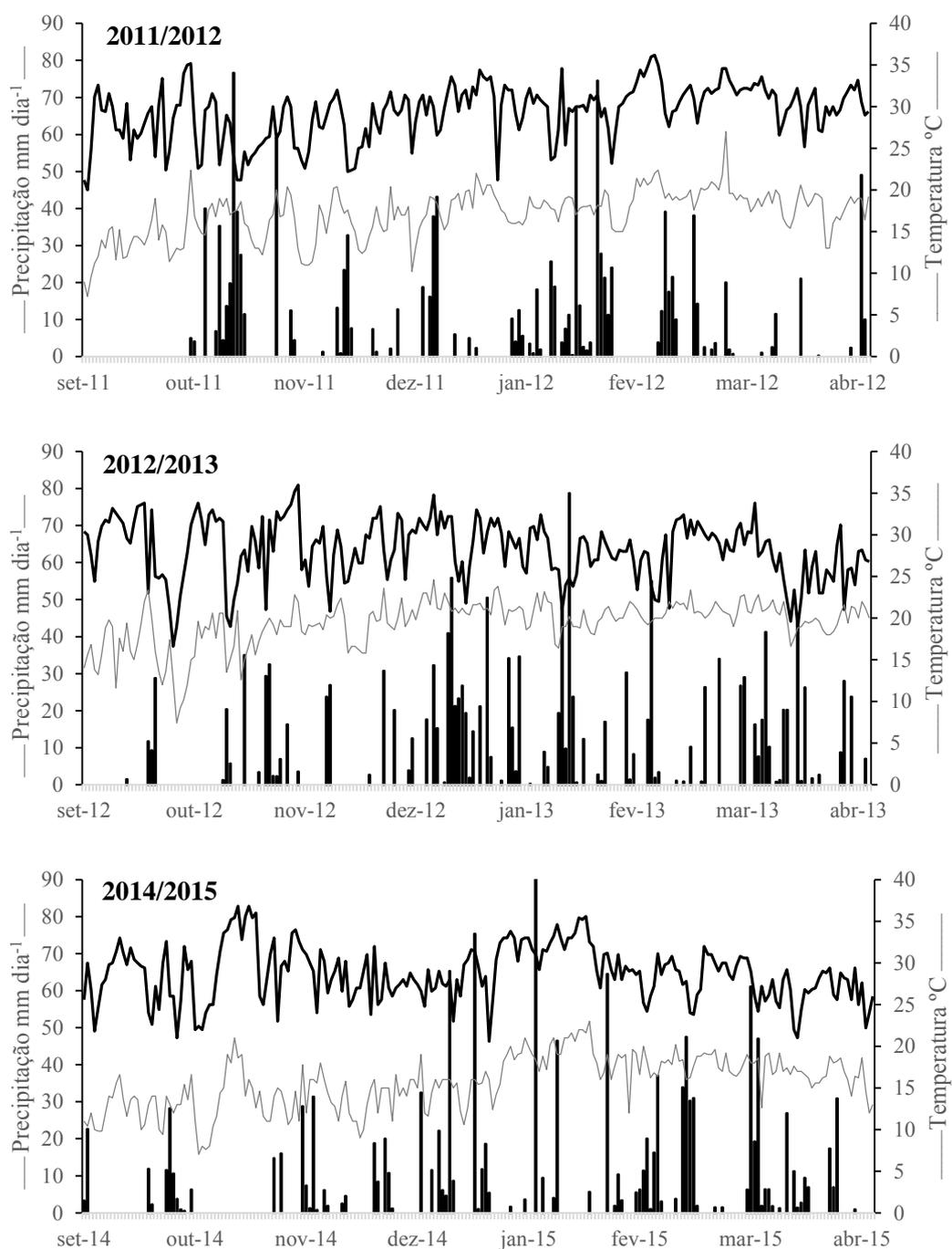


Figura 1. Precipitação pluvial (■), temperatura máxima (—) e temperatura mínima (—) obtidas na área experimental durante os meses de setembro a abril dos anos agrícolas 2011/12, 2012/13 e 2014/15.

Nos três anos de condução do experimento, antes do plantio das plantas de cobertura (18/10/2010, 05/09/2011 e 10/03/2009 para os anos agrícolas 2011/12, 2012/13 e 2014/2015, respectivamente), foram realizadas amostragem de solo na profundidade de 0-0,20 m, nas áreas utilizadas para cada um dos anos agrícolas. As análises químicas foram realizadas de acordo com metodologia descrita por Raij et al. (2001) e os resultados estão contidos na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo na profundidade 0-0,20 m, determinadas antes da semeadura das plantas de cobertura para os três anos do experimento, anos agrícolas 2011/12, 2012/13 e 2014/2015. Botucatu, 2015.

Experimento (ano)	pH	MO	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmolc. dm ⁻³ -----						
2011/12	4,7	27	26	54	6,9	36	19	61	115	53
2012/13	4,6	19	18	50	3,3	37	17	57	108	53
2014/15	5,3	27	12	36	2,3	52	22	77	112	69

5.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema fatorial 2x6. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas plantas de cobertura do solo (*Urochloa brizantha* cv. Marandu e *Urochloa ruziziensis*) com cinco manejos da adubação nitrogenada na quantidade de 200 kg ha⁻¹ de N [1 - aplicação de nitrogênio 20 dias antes da dessecação (DAD), 2 – 10 DAD, 3 – 5 DAD, 4 – aplicação sobre a palhada 1 dia antes da semeadura (DAS), 30 dias após a dessecação, 5 – convencional (30 kg ha⁻¹ de N na semeadura + 170 kg ha⁻¹ de N em cobertura)] e um tratamento controle, sem aplicação de N.

Cada unidade experimental possuía dimensão de 5 m de largura x 6 m de comprimento, perfazendo uma área total de 30 m², nas quais foram semeadas 10 fileiras de milho e espaçadas em 0,45 m. Para as avaliações foram consideradas as quatro fileiras centrais desprezando-se 0,5 m nas extremidades de cada linha de plantas.

5.3 Histórico das áreas e implantação das plantas de cobertura

O experimento foi instalado em áreas cultivada com *U. brizantha* cv. Marandú e *U. ruziziensis* e conduzido em três anos agrícolas (2011/2012, 2012/2013 e 2014/2015). Em cada ano agrícola os experimentos foram implantados em áreas diferentes, porém, contíguas e com histórico de manejo em sistema plantio direto.

A área utilizada para a condução do experimento no ano agrícola 2011/2012 tinha o seguinte histórico rotação/sucessão de culturas: soja/aveia preta (primeira safra/segunda safra), milho/*Urochloa brizantha*, milho/*Urochloa brizantha*, soja/aveia branca, feijão/aveia branca, soja/pousio, milho verão e o cultivo das forrageiras para condução do experimento.

No segundo experimento (2012/2013), a rotação/sucessão foi: milho/aveia preta, soja/aveia preta, milho+forrageiras durante três anos, feijão/mamona e o cultivo das forrageiras para condução do experimento.

Por fim, no terceiro experimento (2014/2015) rotação/sucessão foi: soja/aveia preta, milho/aveia preta, soja/aveia preta, milho/aveia preta, soja/aveia preta, milho/aveia preta, soja e o cultivo das forrageiras para condução do experimento.

Após o estabelecimento das forrageiras, as mesmas foram manejadas até a implantação dos tratamentos com adubação nitrogenada da seguinte maneira: ceifa com auxílio de triturador horizontal tratorizado, adotando como referência 25 cm em relação ao solo sempre que as plantas atingiam porte de 50 cm.

5.4 Instalação e condução dos experimentos

Uma semana após a última ceifa (19/09/2011, 17/09/2012 e 22/09/2014), realizou-se a aplicação do N no tratamento 20 DAD.

No ano agrícola de 2014/15, momentos antes da fertilização nitrogenada (tratamento 20 DAD), foram coletadas amostras compostas de solo nas profundidades de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m para determinação do pH e dos teores de matéria orgânica, NO_3^- , NH_4^+ e N-total (RAIJ et al., 2001), estando os resultados contidos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de pH, teores de matéria orgânica, NH_4^+ , NO_3^- e N-total no solo nas profundidades de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m, nas plantas de cobertura, no ano agrícola de 2014/15. Botucatu, 2015.

PC	Prof. (m)	pH (CaCl ₂)	MO g dm ⁻³	NH_4^+ — mg dm ⁻³ —	NO_3^-	$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	NT g dm ⁻³
UB	0,00-0,20	5,0	34	14,0	9,6	1,45	194
UR	0,00-0,20	5,2	31	17,1	8,4	2,04	174
UB	0,20-0,40	5,0	21	21,0	6,2	3,4	140
UR	0,20-0,40	5,3	18	12,3	13,1	0,9	116

(PC: Plantas de cobertura; Prof.: Profundidade; MO: Matéria Orgânica; NT: N-total; UB: *Urochloa brizantha*; UR: *Urochloa ruziziensis*.)

Aos 20, 10 e 5 dias antes da dessecação das plantas de cobertura, foram realizadas as aplicações de N de forma antecipada, com a distribuição a lanço do fertilizante na dose de 200 kg ha⁻¹ de N na forma de nitrato de amônio (Figura 2). As aplicações de N foram realizadas em superfície, sem incorporação. Em 18/10/2011, 19/10/2012 e 28/10/2014 as plantas presentes na área foram dessecadas mediante aplicações de herbicida glifosate na dose de 2.800 g ha⁻¹ do ia.

Para o tratamento com aplicação em pré-semeadura (1 DAS), a distribuição do fertilizante foi realizada a lanço sobre a palhada das plantas de cobertura, nos dias 20/11/2011, 19/11/2012 e 30/11/2014.

A semeadura da cultura do milho foi realizada mecanicamente em 21/11/2011, 20/11/2012 e 01/12/2014, com espaçamento de 0,45 m entrelinhas e 3 sementes por metro, visando população de 60.000 plantas ha⁻¹. No primeiro e no segundo anos agrícolas foi utilizado o híbrido 2B433 e no terceiro ano o Dekalb DKB 390 VT PRO2. As sementes foram previamente tratadas com fungicida carboxina+tiram (60+60 g do i.a por 100 kg de sementes) e com o inseticida tiametoxam (233 g i.a por 100 kg de sementes).

A adubação de semeadura nos três anos de experimento constou da aplicação de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 45 kg ha⁻¹ de K₂O, levando-se em conta as características químicas do solo e as recomendações para a cultura do milho (RAIJ; CANTARELLA, 1997). Nessa ocasião, o tratamento convencional (semeadura+cobertura) recebeu a aplicação de 30 kg ha⁻¹ distribuídos entre 5 e 10 cm ao lado da linha de semeadura.

As emergências das plantas ocorreram em 26/11/2011, 25/11/2012 e 06/12/2014. Em todos os anos, no tratamento convencional a aplicação do N em cobertura

foram na dose de 170 kg ha⁻¹ foi realizada quando a cultura do milho encontrava-se no estágio V₄ (quarta folha estava totalmente expandida).

Nos anos agrícolas 2011/12, 2012/13 e 2014/15, o florescimento masculino do milho ocorreu em 23/01/2012 (61 DAE), 22/01/2013 (62 DAE) e 02/02/2015 (62 DAE), e as colheitas foram realizadas em 26/03/2012, 30/03/2013 e 07/04/2015, correspondendo a 128, 129 e 121 DAE do milho, respectivamente.

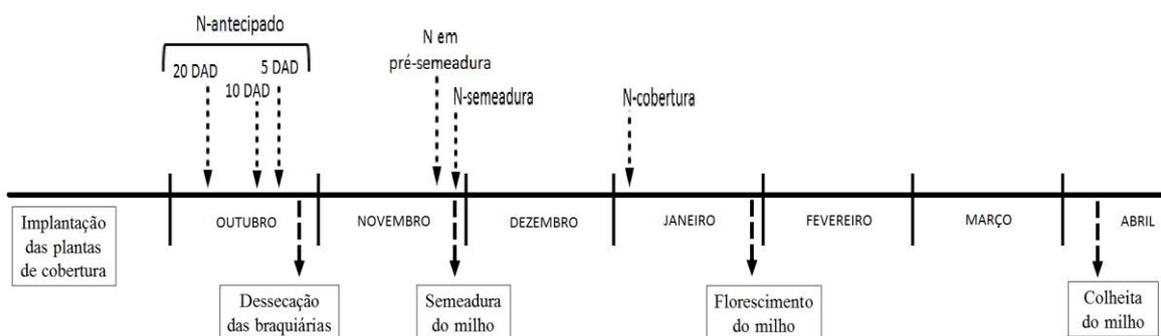


Figura 2. Instalação e condução dos experimentos.

5.5 Avaliações experimentais

5.5.1 Produção de matéria seca e acúmulo e quantidade remanescente de N no resíduo das plantas de cobertura

Nos três anos do experimento, foram realizadas coletas do material vegetal das plantas de cobertura em dois períodos, sendo o primeiro no dia da dessecação (18/10/2011, 19/10/2012 e 28/10/2014) e a segunda 90 dias após a dessecação (20/01/2012, 21/01/2013 e 31/01/2015), ou seja, 60 dias após a emergência do milho (florescimento masculino).

Em cada coleta e unidade experimental foram realizadas amostragens em dois pontos, com o auxílio de um quadro de madeira (0,25 m² de área interna), que constituíram uma amostra composta. As coletas foram realizadas de forma manual, com auxílio de tesoura de poda, retirando-se toda palha contida na área interna do quadro. O caminhamento de amostragem, dentro das unidades experimentais foi realizado

na diagonal, sendo aleatória a escolha dos pontos de coleta, excluindo-se 0,5 m de cada extremidade como bordadura.

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, por 72 h, com posterior pesagem para determinação da quantidade de matéria seca. A seguir, o material foi moído, em moinho tipo Willey e armazenadas, para posterior determinação do teor de N (MALAVOLTA et al., 1997). A quantidade de N contida na palhada, em cada época de amostragem, foi obtida pelo produto da quantidade de massa de matéria seca com o teor do nutriente no resíduo vegetal, sendo apresentado em kg ha⁻¹.

5.5.2 Diagnose foliar do milho

Para a diagnose foliar, realizaram-se amostragens no milho em 25/01/2012, 03/02/2013 e 05/02/2015, correspondendo a 63, 62 e 62 DAE, respectivamente, momento em que mais de 50% encontravam-se pendoadas e com presença de estilo-estigmas (cabelo). Para tanto, fez-se a coleta da folha da base da espiga em 20 plantas por unidade experimental, sendo posteriormente descartados os terços inferiores e superiores da folha, seguindo a metodologia proposta por Cantarella et al. (1997).

Os terços médios das folhas foram lavados em água corrente, acondicionados em sacos de papel e secados em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, por 72 horas. Posteriormente o material foi moído em equipamento dotado de peneira com crivo de 1 mm. Em seguida, foram determinadas as concentrações de macronutrientes, de acordo com a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

5.5.3 Altura de plantas do milho

A altura foi determinada em 10 plantas escolhidas aleatoriamente dentro da área útil de cada unidade experimental, por ocasião a avaliação do estande final. A medição foi realizada com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta até a inserção do pendão floral.

5.5.4 Produção de matéria seca do milho

Aos 24/01/2012, 24/01/2013 e 04/02/2015 (62, 64 e 64 dias após a emergência), foram coletadas 5 plantas em pleno florescimento masculino. Após serem colhidas, as plantas foram lavadas, separadas em colmos e folhas, e secas em estufa a 60 °C por 72 horas. Posteriormente, foi efetuada a pesagem em balança de precisão para determinação da produção de matéria seca em kg ha^{-1} .

5.5.5 Componentes de produção

- **População de plantas:** na véspera da colheita, foi mensurado o número de plantas contidas em duas linhas de 4 m de comprimento. E o resultado foi convertido em número de plantas por hectare.

- **Número de espiga por planta:** nas duas linhas utilizadas para a contagem da população de plantas realizou-se a determinação do número de espigas por planta pela seguinte razão: número de espiga por área pelo número de plantas por área.

- **Grãos por espiga:** o número de grãos por espiga foi determinado mediante o produto do número de fileiras e o número de grãos por fileira, em dez espigas por unidade experimental.

- **Massa de 100 grãos:** foi determinada pela média de pesagem dos grãos de quatro subamostras de 100 grãos, por unidade experimental, e os resultados foram corrigidos para teor de água de 130 g kg^{-1} .

- **Produtividade de grãos:** para esta avaliação foram colhidas manualmente as plantas contidas na área útil de cada unidade experimental, nos dias 25/03/2012, 30/03/2013 e 07/04/2015. Após esta operação, espigas foram trilhadas e os grãos foram pesados e posteriormente foi calculada a produtividade de grãos, em kg ha^{-1} , corrigida para o teor de água de 130 g kg^{-1} .

5.5.6 Eficiência de utilização do N aplicado (EUN)

Foi determinada mediante a relação: kg ha^{-1} da produtividade incrementada em relação à testemunha (sem aplicação de N) / kg ha^{-1} de N aplicado (FAGERIA; BALIGAR, 2005). Portanto, a eficiência de utilização do N (EUN) foi determinada apenas quando houve incremento da produtividade em relação ao controle.

5.6 Análise estatística

Todos os dados foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Produção de matéria seca de plantas de cobertura e vegetais e quantidades acumuladas e remanescentes de macronutrientes

Nas Tabelas 3 e 4 estão contidos os resultados de massa de matéria seca das plantas de cobertura e as quantidades acumuladas de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) no dia da dessecação, bem como as quantidades remanescentes de resíduo vegetal, sobre o solo, e de nutrientes. As variáveis não foram afetadas pela interação dos fatores.

A *Urochloa brizantha* proporcionou maior produção de matéria seca, sendo 2.665 kg ha⁻¹ a mais que a *Urochloa ruziziensis* (Tabela 3). Essa constatação também foi verificada por Pacheco et al. (2011, 2013) que observaram quantidades de 11.405 e 9.700 kg ha⁻¹ de *U. brizantha* e 6.965 e 6.700 kg ha⁻¹ de *U. ruziziensis*. Esses resultados podem ser atribuídos a elevada produção de raízes, alta capacidade de cobertura do solo e por ter um bom desempenho sob sombreamento, considerando que em condições de elevada produção de matéria seca pode ocorrer o auto sombreamento (EMBRAPA, 2002). Cabe ressaltar que as quantidades de palha produzidas pelas espécies forrageiras foram superiores quando comparadas aos de Crusciol e Soratto (2007) e Simidu et al. (2010) que obtiveram 6.267 e 10.250 kg ha⁻¹ para *U. brizantha*, respectivamente, e de Menezes et al. (2009) e Pacheco (2011) que obtiveram 8.596 e 6.965 kg ha⁻¹ para *U. ruziziensis*, respectivamente.

A quantidade de palhada remanescente de *U. brizantha* aos 90 DAD foi 536 kg ha⁻¹ superior que a *U. Ruziziensis*, contudo a redução nas duas espécies forrageiras foi, respectivamente, de 87 e 89% em relação a quantidade inicial de palha (Tabela 3). Esse

valor foi superior ao observado por Leite et al. (2010), que aos 100 DAD, constataram que apenas 48% do resíduo vegetal já havia se decomposto, em estudo realizado na região do cerrado maranhense. Esses resultados podem ser atribuídos a ausência de precipitação pluvial nos três primeiros meses após o manejo da espécie forrageira, diferentemente do que ocorreu no presente estudo, onde a precipitação seguiu a distribuição normal para a região e a época do ano, sem veranicos (Figura 1). As condições climáticas após o manejo das espécies de cobertura influenciam diretamente a taxa de liberação dos nutrientes (BOER et al., 2007; LEITE et al., 2010).

A quantidade acumulada de N, P e S foi semelhante entre as espécies, porém para K, Ca e Mg foram maiores na *U. brizantha*, cerca de 17, 11 e 14% para K, Ca e Mg, respectivamente, em relação à *U. ruziziensis* (Tabelas 3 e 4). Este maior acúmulo desses nutrientes pela *U. brizantha* foi devido a maior produção de matéria seca. Contudo, elevadas quantidades de nutrientes também foram acumuladas pela *U. ruziziensis*. Pacheco et al. (2013) também estudaram o acúmulo de nutrientes nas *U. brizantha* e *U. ruziziensis* e observaram menor diferença no acúmulo de N, P, K, Ca e Mg, que pode ser atribuída a menor diferença entre a produção de matéria seca das espécies forrageiras.

Nas duas espécies forrageiras os nutrientes mais extraídos foram o N e o K, semelhantes aos observados por Torres et al. (2008) e Pacheco et al. (2013), em razão dessas espécies forrageiras apresentarem maior potencial de ciclagem destes nutrientes.

As quantidades de nutrientes remanescentes (90 DAD) foram maiores na *U. brizantha* para N, P, K e Ca, e maior para a *U. ruziziensis* apenas para o Mg, não havendo diferença quanto ao S (Tabelas 3 e 4). Assim, as quantidades e as percentagens liberadas pela *U. brizantha*, neste período, foram de 196 (86%), 23 (85%), 158 (98%), 64 (82%), 54 (95%) e 17 (81%) kg ha⁻¹, enquanto pela *U. ruziziensis* foram de 189 (90%), 22 (92%), 137 (99%), 58 (83%), 45 (90%) e 15 (83%) kg ha⁻¹, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg e S. Essa elevada liberação dos nutrientes pode ser atribuída à decomposição devido a precipitação pluvial e temperatura corridas no período avaliado (média de três anos) (Figura 1). A taxa de liberação dos nutrientes tem influência direta das condições climáticas após o manejo das espécies de cobertura (BOER et al., 2007; LEITE et al., 2010).

Tabela 3. Produção de matéria seca das coberturas vegetais e quantidades acumuladas e remanescentes de N, P e K, (0 e 90 dias após a dessecação) em função do manejo da adubação nitrogenada para a cultura do milho em três anos e probabilidade de F. Botucatu, 2015.

Fatores	MMS ⁽¹⁾		N		P		K	
	kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	
<u>Planta de Cobertura (PC)</u>	0 AD ⁽²⁾	90 AD	0 AD	90 AD	0 AD	90 AD	0 AD	90 AD
<i>Urochloa brizantha</i>	13.606 a ⁽³⁾	1.767 a	227 a	31 a	27 a	4 a	162 a	4 a
<i>Urochloa ruziziensis</i>	10.941 b	1.231 b	211 a	22 b	24 a	2 b	139 b	2 b
<u>Manejo de N (MN)⁽⁴⁾</u>								
Controle	10.791 d	1.099 c	155 d	19 b	22 c	2 a	101 d	2 b
20 DAD	16.116 a	2.102 a	365 a	36 a	33 a	2 a	237 a	4 a
10 DAD	13.487 b	2.008 a	295 b	34 a	27 b	3 a	206 b	4 a
5 DAD	11.897 c	1.738 b	188 c	32 a	26 b	2 a	154 c	4 a
1 DAS	10.658 d	1.146 c	158 d	20 b	22 c	2 a	104 d	2 b
Convencional	10.693 d	1.134 c	153 d	20 b	22 c	2 a	101 d	2 b
<u>Ano (A)</u>								
2011/2012	12.582 b	1.934 b	224 b	38 a	26 b	2 b	154 b	2 b
2012/2013	14.802 a	2.408 a	261 a	37 a	30 a	4 a	180 a	5 a
2014/2015	9.436 c	645 c	172 c	20 b	20 c	1 b	118 c	2 b
<u>Probabilidade de F</u>								
PC	<0,001	<0,001	0,081	<0,001	0,097	<0,001	<0,001	<0,001
MN	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,071	<0,001	<0,001
A	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,011	<0,001
PC x MN	0,149	0,089	0,065	0,234	0,087	0,079	0,069	0,089
PC x A	0,067	1,000	0,901	0,098	0,476	0,123	0,847	0,099
MN x A	0,132	0,899	0,078	0,076	0,386	0,088	0,656	0,104
PC x MN x A	0,993	0,978	0,999	0,999	0,990	0,897	1,000	0,489

⁽¹⁾MMS: Massa de matéria seca da palha. ⁽²⁾AD: coleta da palha das plantas de cobertura dias após a dessecação. ⁽³⁾Médias seguidas de letras distintas na coluna dentro de cada fator, diferem entre si pelo Teste t (5%). ⁽⁴⁾Controle: sem aplicação de N. DAD: Aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, dias antes da dessecação das plantas de cobertura. DAS: Aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, um dia antes da semeadura. Convencional: aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N em semeadura e 170 kg ha⁻¹ de N em cobertura (milho em estágio V4).

Tabela 4. Quantidades acumuladas e remanescentes de Ca, Mg e S (0 e 90 dias após a dessecação) em função do manejo da adubação nitrogenada para a cultura do milho em três anos e probabilidade de F. Botucatu, 2015.

Fatores	Ca kg ha ⁻¹		Mg kg ha ⁻¹		S kg ha ⁻¹	
	0 AD ⁽¹⁾	90 AD	0 AD	90 AD	0 AD	90 AD
Planta de Cobertura (PC)						
<i>Urochloa brizantha</i>	78 a ⁽²⁾	14 a	57 a	3 b	21 a	4 a
<i>Urochloa ruziziensis</i>	70 b	12 b	50 b	5 a	18 a	3 a
Manejo de N (MN)⁽³⁾						
Controle	64 c	10 c	45 c	3 b	15 c	3 b
20 DAD	98 a	16 b	72 a	6 a	30 a	5 a
10 DAD	83 b	18 a	62 b	6 a	25 b	6 a
5 DAD	70 c	14 b	52 c	5 a	18 c	5 a
1 DAS	66 c	11 c	46 c	3 b	15 c	2 b
Convencional	64 c	11 c	44 c	3 b	15 c	2 b
Ano (A)						
2011/2012	76 b	7 b	55 b	2 b	20 a	2 b
2012/2013	89 a	18 a	64 a	7 a	23 a	6 a
2014/2015	58 c	6 b	42 c	1 b	15 b	1 b
Probabilidade de F						
PC	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,185	0,149
MN	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
A	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PC x MN	0,142	0,065	0,078	0,074	0,081	0,077
PC x A	0,913	0,999	0,848	0,134	0,875	0,324
MN x A	0,797	0,781	0,986	0,899	0,722	0,899
PC x MN x A	1,000	0,889	1,000	0,991	0,994	0,999

⁽¹⁾AD: coleta da palha das plantas de cobertura dias após a dessecação. ⁽²⁾Médias seguidas de letras distintas na coluna dentro de cada fator, diferem entre si pelo Teste t (5%). ⁽³⁾Controle: sem aplicação de N. DAD: Aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, dias antes da dessecação das plantas de cobertura. DAS: Aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, um dia antes da semeadura. Convencional: aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N em semeadura e 170 kg ha⁻¹ de N em cobertura (milho em estágio V4).

Com relação ao manejo de N, este influenciou a produção de massa de matéria seca das braquiárias, apresentando a seguinte ordem decrescente: 20 DAD > 10 DAD > 5 DAD = 1 DAS = controle = convencional (Tabela 3). O aumento da disponibilidade de nitrogênio para as gramíneas reflete diretamente em aumento da taxa de crescimento e, conseqüentemente, na quantidade de forragem produzida (FAGUNDES et al., 2006). Assim, quanto maior período de tempo entre a adubação nitrogenada e o manejo da dessecação nas espécies de cobertura, melhor será o aproveitamento da adubação nitrogenada, refletindo em maiores produções de matéria seca, conforme constatado no manejo de N aos 20 DAD que foi superior em 19, 35, 51, 50 e 49% em relação aos tratamentos 10 DAD, 5 DAD, 1 DAS, convencional e controle.

A decomposição dos resíduos vegetais das espécies forrageiras foi acelerada, remanescendo na superfície do solo aos 90 DAD apenas 13, 15, 15, 11, 11 e 10% quando manejo do N foi realizado aos 20 DAD, 10 DAD, 5 DAD, 1 DAS, convencional e o controle, respectivamente (Tabela 3). As maiores quantidades de matéria seca remanescente foram constatadas nos tratamentos que receberam o N aos 20 DAD e 10 DAD, provavelmente devido a maior quantidade inicial de matéria seca nesses tratamentos.

A adubação nitrogenada aos 20 DAD proporcionou os maiores acúmulos de macronutrientes em relação aos 10 DAD, 5 DAD, 1 DAS, convencional e controle, da ordem de 24, 94, 131, 139 e 135% para o N, 22, 27, 50, 50 e 50% para o P, 15, 54, 128, 135 e 135% para o K, 18, 40, 48, 53 e 53% para o Ca, 16, 38, 56, 64 e 60% para o Mg e 20, 67, 100, 100 e 100% para S, respectivamente. Estes resultados são devido à maior produção de matéria seca, uma vez que, plantas bem supridas em N apresentam o sistema radicular maior e bem desenvolvido, garantindo boa formação e sustentação da parte aérea (BROUWER, 1962).

A quantidade remanescente de nutrientes nos resíduos vegetais das espécies forrageiras (90 DAD), de maneira geral, foi maior quando se realizou a aplicação de N antes da dessecação (Tabelas 3 e 4). Contudo, é importante destacar que as maiores quantidades de nutrientes liberadas pelos resíduos vegetais das espécies forrageiras foram quando a aplicação de N foi aos 20 DAD, sendo de 329, 31, 233, 82, 66 e 25 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente.

Quanto ao fator ano, em 2012/2013 houve um maior acúmulo de N, P, K, Ca e Mg, possivelmente em razão da maior produção da parte aérea (Tabela 3). Um fator que pode ter interferido na quantidade de palhada produzida entre os anos foram as

condições climáticas. Antes da instalação do experimento, no primeiro ano a distribuição pluvial foi mais uniforme, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das plantas de coberturas. No ano 2014 ocorreu longos períodos de estiagem, que limitaram a produção de fitomassa das gramíneas do terceiro ano de condução do experimento.

Cabe ressaltar que, independentemente dos fatores estudados as quantidades produzidas de matéria seca de parte aérea foram superiores às quantidades preconizadas por Kluthcouski (1998) para cobertura total da superfície do solo em SPD, que é cerca de 5.000 a 6.000 kg ha⁻¹ de matéria seca de resíduo vegetal.

6.2 Teores de macronutrientes na folha diagnose do milho

Os resultados dos teores de macronutrientes estão contidos na Tabelas 5. Constatou-se que houve efeito isolado apenas do fator manejo de nitrogênio (MN), não ocorrendo nenhuma interação dos fatores.

Deve-se ressaltar que para este fator planta de cobertura (PC), com exceção do S, que estava no limite crítico, os teores dos demais nutrientes estavam dentro da faixa considerada adequada (N = 27-35, P = 2,0-4,0, K = 17-35, Ca = 2,5-8,0, Mg = 1,5-5,0 e S = 1,5-3,0 g kg⁻¹) por Raij e Cantarella (1997).

O fator MN influenciou apenas os teores de N, Ca, Mg e S. Os teores de P e K estavam dentro da faixa considerada adequada (RAIJ; CANTARELLA, 1997).

A aplicação de N, independentemente do MN, proporcionou teores deste nutriente superiores ao controle, contudo, o manejo convencional proporcionou o maior teor, diferindo dos demais tratamentos. Em termos nutricionais, apenas no tratamento controle as plantas estavam deficientes em N, com teor abaixo da faixa considerada adequada (RAIJ; CANTARELLA, 1997), reflexo do não fornecimento do nutriente via adubação, apesar da grande quantidade do elemento que foi ciclado e liberado pelas plantas de cobertura (Tabela 5).

Ainda dentro do fator MN, a aplicação de nitrogênio, independentemente do manejo, proporcionou maiores teores Ca, Mg e S em relação ao controle. Contudo, apenas as plantas do tratamento controle estavam deficientes em S, o mesmo não sendo constatado para Ca e Mg (RAIJ; CANTARELLA, 1997). Novamente, ressalta-se a grande quantidade de S ciclado e liberado pelas plantas de cobertura ao solo

(Tabela 5), no tratamento controle, não foi suficiente para nutrir adequadamente as plantas de milho, possivelmente pelo S estar em formas ainda não mineralizadas e, portanto, não assimiláveis pelas plantas de milho.

Tabela 5. Teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em plantas de milho em função de plantas de cobertura, manejo da adubação nitrogenada e ano agrícola e probabilidade de F. Botucatu, 2015.

Fatores	N	P	K	Ca	Mg	S
Planta de Cobertura (PC)						
	g kg ⁻¹					
<i>Urochloa brizantha</i>	28 a ⁽¹⁾	2,2 a	19 a	4,6 a	3,4 a	1,4 a
<i>Urochloa ruziziensis</i>	28 a	2,2 a	18 a	4,3 a	3,0 a	1,5 a
Manejo de N (MN)⁽²⁾						
Controle	23 c	2,3 a	18 a	3,4 b	2,6 b	1,2 b
20 DAD	28 b	2,1 a	20 a	4,9 a	3,4 a	1,6 a
10 DAD	28 b	2,2 a	18 a	5,1 a	3,4 a	1,6 a
5 DAD	29 b	2,2 a	17 a	5,0 a	3,5 a	1,6 a
1 DAS	28 b	2,2 a	19 a	4,7 a	3,4 a	1,6 a
Convencional	31 a	2,3 a	21 a	4,8 a	3,9 a	1,6 a
Ano (A)						
2011/2012	27 a	2,4 a	19 a	4,5 a	3,3 a	1,6 a
2012/2013	29 a	2,1 a	18 a	4,4 a	3,7 a	1,7 a
2014/2015	27 a	2,0 a	19 a	4,6 a	3,4 a	1,7 a
Probabilidade de F						
PC	0,747	0,846	0,091	0,098	<0,001	0,294
MN	<0,001	0,116	0,091	<0,001	<0,001	<0,001
A	0,222	0,131	0,142	0,281	0,095	0,237
PC x MN	0,594	0,121	0,101	0,500	0,905	0,064
PC x A	0,099	0,985	0,999	0,105	0,818	0,243
MN x A	0,331	0,993	1,000	0,998	0,142	0,624
PC x MN x A	0,923	0,737	1,000	1,000	0,841	0,099

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas na coluna dentro de cada fator, diferem entre si pelo Teste t (5%).

⁽²⁾Controle: sem aplicação de N. DAD: Aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, dias antes da dessecação das plantas de cobertura. DAS: Aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, um dia antes da semeadura. Convencional: aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N em semeadura e 170 kg ha⁻¹ de N em cobertura (milho em estágio V4).

O suprimento inadequado de N acarreta o desbalanceamento em relação ao suprimento de enxofre. Quando o S é deficiente, ocorre acúmulo de N não protéico, causando aumento na relação N:S e, conseqüentemente redução no crescimento vegetal (FAGERIA, 2001) e limitando a absorção do S. Crusciol et al. (2006) também verificaram variações nos teores foliares do S na cultura do feijão devido ao mesmo efeito.

Quanto ao fator ano não houve diferença entre os tratamentos e os teores, em todos os anos, estavam dentro da faixa considerada adequada (RAIJ; CANTARELLA, 1997).

6.3 Altura de plantas, produção de matéria seca da parte aérea, componentes da produção, produtividade de grãos e eficiência de utilização do nitrogênio

Na Tabela 6 estão contidos os resultados de altura de plantas, produção de matéria seca da parte aérea, componentes da produção (população de plantas, número de espigas por planta, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos), produtividade de grãos e eficiência na utilização do N (EUN) pela cultura do milho. Não houve interação dos fatores, apenas efeito isolado dos mesmos. Assim, o fator PC, com exceção à altura de plantas, produção de matéria seca e EUN, o fator MN, com exceção à população de plantas, e o fator ano, com exceção à altura de plantas, influenciaram os resultados de todas as outras variáveis. A seguir serão detalhadas as diferenças constatadas entre os tratamentos dentro de cada fator.

Dentro do fator PC constatou-se que a palhada de *U. ruziziensis* proporcionou maior população de plantas de milho em relação a *U. brizantha*. Este resultado foi decorrente da dificuldade encontrada para semear a este cereal sobre esta palhada. Além da grande quantidade de resíduo vegetal produzido pela *U. brizantha*, esta espécie forma touceiras e, assim, exige regulagem precisa da semeadora, principalmente, do disco de corte de palha, para que não interfira no nível de plantabilidade. A menor população de plantas foi decorrente desta dificuldade, ficando algumas sementes “envelopadas” na palha da *U. brizantha* em razão da não secção da mesma pelo disco de corte da semeadora. No campo, observou-se que essas sementes germinavam, mas não prosseguiram o desenvolvimento em razão da radícula e as primeiras raízes ficarem confinadas dentro da palha (“envelope”).

A *U. brizantha*, como planta antecessora, proporcionou maior número de espigas por planta, maior número de grãos por espiga, maior massa de 100 grãos, refletindo diretamente em maior produtividade de grãos em relação a *U. ruziziensis*, com incremento da ordem de 11%. No entanto, ambas plantas de cobertura proporcionaram produtividades bem acima da média nacional para milho de primeira safra, que é de 5.009 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015).

Com relação ao fator MN, a aplicação de nitrogênio, independentemente do manejo, proporcionou maior altura de planta em relação ao controle. Para produção de matéria seca foi constatado o mesmo efeito, porém, a aplicação de N em 1 DAS proporcionou valores superiores aos manejos realizados aos 20 e 10 DAD, indicando certa limitação N às plantas, provavelmente, em razão de parte do N aplicado ter sido absorvido pelas plantas de cobertura, mas não ter sido totalmente disponibilizado e mineralizado a tempo para que as plantas do cereal absorvessem até o momento em que foi determinado está variável. Esses resultados podem ter ocorrido devido às taxas de mineralização dos resíduos culturais e a disponibilidade de N para a cultura em sucessão serem afetadas após a aplicação do herbicida glyphosate (DAMIN et al., 2008; DAMIN, 2009). Damin et al. (2008) constataram que após a aplicação do herbicida glyphosate, aproximadamente 20% do N aplicado via fertilização saiu do sistema solo-planta, sendo a emissão de NH_3 via foliar o principal processo associado as perdas de N do sistema.

A adubação nitrogenada proporcionou maior número de espigas por planta, maior número de grãos por espiga e maior massa de 100 grãos, refletindo em maior produtividade de grãos em relação ao controle.

Contudo, em todas as variáveis, houve diferença significativa entre os manejos. Assim, analisando os resultados de número de espigas por planta e número de grãos por espiga, constata-se que a aplicação mais próxima da semeadura (1 DAS), sobre a palha, e o manejo convencional, recomendado por Rajj e Cantarella (1997), proporcionaram maior valores, possivelmente em razão do menor tempo para imobilização do N e/ou por estar prontamente disponível para absorção pelas plantas, já que estavam próximas do início de desenvolvimento (1 DAS) ou em pleno desenvolvimento (convencional).

A aplicação de nitrogênio, independentemente do manejo, proporcionou maior massa de 100 grãos em relação ao controle, evidenciando que neste tratamento a limitação de N às plantas interferiu até na determinação do último componente da produção, com menor peso individual de grão.

Em razão dos resultados constatados para os componentes da produção, a aplicação de nitrogênio, independentemente do manejo, proporcionou maior produtividade de grãos em relação ao controle. Contudo, os manejos, nos quais o nitrogênio foi aplicado próximo ao estabelecimento da cultura (tratamento: 1 DAS) e/ou quando a mesma já estava em desenvolvimento (tratamento: convencional), proporcionaram as maiores produtividades de grãos. Verifica-se que existe acréscimo na produtividade de grãos

a medida que a aplicação de nitrogênio vai ficando mais próxima da semeadura. Fica evidente a possibilidade de aplicação de todo o nitrogênio as vésperas da semeadura sobre a palhada, mas a antecipação, com aplicação na planta de cobertura ainda em vegetação, reduzirá a eficiência do sistema de produção, apesar do incremento de produtividade em relação ao tratamento controle.

Tais resultados corroboram os de Silva et al. (2007) cujo melhor desempenho do milho em produção ocorreu na aplicação parcelada do N ou todo em cobertura do milho após a aveia preta em solos do Rio Grande do Sul. Ferreira et al. (2009) aplicaram 40,5 kg ha⁻¹ de N na semeadura e o restante em cobertura, doses complementares a 60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, 180 kg ha⁻¹ e 240 kg ha⁻¹ de N e concluíram que o aumento das doses de N promoveu um suprimento adequado de N ao milho e incrementou a produtividade, em todos os tratamentos com palha de aveia preta.

Um ponto a ser levantado é que nos manejos com antecipação, no presente trabalho, não foi realizada a aplicação de nitrogênio no sulco de semeadura e, este fato, pode ter limitado o desenvolvimento da cultura, refletindo nos resultados. Ainda, como hipótese, é provável que se todos os tratamentos com antecipação da adubação nitrogenada tivessem recebido os mesmos 30 kg ha⁻¹ de N no sulco de semeadura, que foi aplicado no manejo convencional, o resultado poderia ter sido igual para todos os manejos.

O incremento na produtividade de grãos, em relação ao tratamento controle, foi de aproximadamente 101%, 109%, 118%, 136% e 141%, respectivamente, para os manejos 20 DAD, 10 DAD, 5 DAD, 1 DAS e convencional. Estes incrementos refletiram diretamente na EUN, no qual os manejos 1 DAS e convencional proporcionaram os maiores índices de eficiência.

Tabela 6. Altura de plantas, produção de matéria seca da parte aérea, população de plantas, número de espiga por planta, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e eficiência de utilização do nitrogênio pelo milho em função de plantas de cobertura, manejo da adubação nitrogenada e ano agrícola, e probabilidade de F. Botucatu, 2015.

Fatores	Altura de plantas	Matéria Seca	População de plantas	Espigas por planta	Grãos por espiga	Massa 100 grãos	Produtividade de grãos	EUN
	m	kg ha ⁻¹	n° ha ⁻¹	n°		G	kg ha ⁻¹	kg de grãos kg de N ⁻¹
Planta de Cobertura (PC)								
<i>Urochloa brizantha</i>	2,11 a ⁽¹⁾	13894 a	60464 b	1,30 a	493 a	31 a	12437 a	36 a
<i>Urochloa ruziziensis</i>	2,03 a	13313 a	63305 a	1,26 b	467 b	30 b	11202 b	34 a
Manejo de N (MN)⁽²⁾								
Controle	1,88 b	9191 c	61154 a	0,95 c	378 c	27 b	5886 d	-
20 DAD	2,15 a	13894 b	61547 a	1,30 b	491 b	31 a	11823 c	29 c
10 DAD	2,12 a	13947 b	61710 a	1,32 b	496 b	31 a	12291 bc	31 c
5 DAD	2,12 a	14909 ab	62020 a	1,32 b	495 b	32 a	12843 b	35 b
1 DAS	2,06 a	15224 a	62668 a	1,39 a	509 a	32 a	13898 a	39 a
Convencional	2,08 a	14457 ab	62210 a	1,38 a	512 a	33 a	14176 a	40 a
Ano (A)								
2011/2012	2,03 a	11815 c	61580 b	1,20 b	494 a	30 b	10825 c	32 b
2012/2013	2,09 a	13900 b	64075 a	1,41 a	469 b	30 b	12689 a	28 c
2014/2015	2,09 a	15095 a	60000 c	1,22 b	478 b	32 a	11944 b	44 a
Probabilidade de F								
PC	0,117	0,111	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	0,089
MN	<0,001	<0,001	0,768	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
A	0,123	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PC x MN	0,484	0,081	0,508	0,792	0,899	0,990	0,154	0,329
PC x A	0,101	0,102	0,099	0,132	0,097	0,143	0,201	0,929
MN x A	0,077	0,122	0,956	0,129	0,119	0,125	0,099	0,129
PC x MN x A	0,869	0,589	0,569	0,164	0,208	0,318	0,089	0,091

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas na coluna dentro de cada fator, diferem entre si pelo Teste t (5%). ⁽²⁾Controle: sem aplicação de N. DAD: Aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, dias antes da dessecação das plantas de cobertura. DAS: Aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, um dia antes da semeadura. Convencional: aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N em semeadura e 170 kg ha⁻¹ de N em cobertura (milho em estágio V4). EUN: Eficiência de utilização do nitrogênio.

7 CONCLUSÕES

A *Urochloa brizantha* produz palha e cicla nutrientes em maiores quantidades que a *Urochloa ruziziensis*, porém o percentual liberado é semelhante.

A quantidade de N liberada pelas plantas de cobertura nos manejos com aplicação de N antes da dessecação não supre adequadamente a cultura do milho, reduzindo os valores dos componentes da produção e, conseqüentemente, a produtividade de grãos.

É possível realizar a aplicação de todo N na cultura do milho sobre a palhada, às vésperas da semeadura, com resultados semelhantes ao manejo convencionalmente recomendado.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, J. A. A.; AMADO, T. J. C.; SILVA, L. S.; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, mai, 2014.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.

ALLEN, V. G.; BAKER, M. T.; SEGARRA, E.; BROWN, C. P. Integrated irrigated crop-livestock system in dry climates. **Agronomy Journal**. v. 99, n. 2, p. 346-360, 2007.

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. **A cultura do milho na integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 12 (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 80). 2006.

ALVES, B.J.R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F.M.; HECKLER, J.C.; MACEDO, R.A.T.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; URQUIAGA, S. Fixação simbiótica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 449-456, 2006.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.179-189, 2000.

ANDERS, M.M.; BRYE, K.R.; OLK, D. C.; SCHMID, B. T. Rice rotation and tillage effects on soil aggregation and aggregate carbon and nitrogen dynamics. **Soil Science Society of America Journal**. v. 76, n. 3, p. 994-1004, 2012.

- ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78f. Tese (Livre-Docente) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; FLECK, N. G.; BORTOLINI, C. G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 851-860, 2001.
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 905-915, 2000.
- BERTOLINI, E. V.; GAMERO, C. A.; SALATA, A. D. C.; PIFFER, C. R. Antecipação da adubação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2355–2366, dez. 2008.
- BOER, C. ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, A. C. C.; TRIVELIN, P. C. O.; NASCENTE, A. S.; COSTA, C.; MATEUS, G. P. Nitrogen fertilization (15NH₄NO₃) of palisadegrass and residual effect on subsequent no-tillage corn. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 1457-1468, 2014.
- BORGHI, E.; CECCON, G.; CRUSCIOL, C. A. C. Manejo de espécies forrageiras em consórcio com milho safrinha. In: XII Seminário Nacional de Milho Safrinha, Dourados. **Anais...** Dourados: 2013.
- BORGHI, E.; COSTA, N. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 559-568, 2008.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 163–171, fev. 2007.
- BROUWER, R. Nutritive influences on the distribution of dry matter in the plant. **Neth Journal Agricula Science**. v. 10, p. 399-408. 1962.
- CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, sept/oct, 2012.
- CALONEGO, J.C.; C.A. ROSOLEM. Soybean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-till. **European Journal of Agronomy**. v. 33, p. 242–249, 2010.

- CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. & ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 29, p. 99-109, 2005.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 4, p. 397-401, 2008.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Coord.). **Fertilidade do solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375-470, 2007.
- CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P.; A, A. C. Manejo de nitrogênio e de matéria orgânica em milho no sistema plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Milho: Tecnologia & Produção**. Piracicaba, SP: USP/ESALQ/DPV, p. 59-82, 2005.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C.E.O. Adubação de cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 43-50. (IAC. Boletim técnico, 100). 1997.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Coord.). **Fertilidade do solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375-470, 2007.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. Soil and plant analyses for lime and fertilizer recommendations in Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 29, p. 1691-1706, 1998.
- CARVALHO, P.C. de F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. de; SOUZA, E.D. de; SULC, R.M.; LANG, C.R.; FLORES, J.P.C.; LOPES, M.L.T.; SILVA, J.L.S. da; CONTE, O.; WESP, C.L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R.S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, p. 259-273, 2010.
- CARVALHO, W. A.; ESPINDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médice”. **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônômicas**, Botucatu, p. 95, 1983.
- CECCON, G. Consórcio milho-braquiária. (**Livro Técnico**). Brasília, DF: Embrapa, 2013.
- CEPAGRI – Centro de Pesquisa Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. **Clima dos municípios paulistas**: Botucatu. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_086.html>. Acesso em 20 maio 2015.
- CERETTA, C. A. et al. Produção e decomposição de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 8º Levantamento- Safra 2014/15. **Levantamentos de Safra**. mai, 2015.<
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_05_13_08_46_55_boletim_graos_mai_2015.pdf>, acessado em 14/05/2015.

CRUSCIOL, C. a C.; NASCENTE, a. S.; MATEUS, G. P.; PARIZ, C. M.; MARTINS, P. O.; BORGHI, E. Intercropping soybean and palisade grass for enhanced land use efficiency and revenue in a no till system. **European Journal of Agronomy**, v. 58, p. 53–62, 2014.

CRUSCIOL, C. a C.; NASCENTE, a. S.; MATEUS, G. P.; BORGHI, E.; LELES, E. P.; SANTOS, N. C. B. Effect of intercropping on yields of corn with different relative maturities and Palisadegrass. **Agronomy Journal**, v. 105, n. 3, p. 599–606, 2013.

CRUSCIOL, C. a C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, a. S.; MARTINS, P. O.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M. An innovative crop-forage intercrop system: Early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 4, p. 1085–1095, 2012.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut grown in succession under a no-till system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, n. 1, p. 41-46, 2009.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 481-489, 2008.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (1977. Imprensa), v. 42, p. 1553-1560, 2007.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; SILVA, L. M. LEMOS, L. B. Aplicação de enxofre em cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 459-465, 2006.

CRUSCIOL, C.A.C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 161-168, 2005.

CRUZ, C.C.; ALVARENGA, R.C.; NOVOTNY, E.H.; PEREIRA FILHO, I.A.; SANTANA, D.P.; PEREIRA, F.T.F. & HERNANI, L.C. Sistema plantio direto. Embrapa Milho e Sorgo. **Sistema de produção**. Versão Eletrônica – 6.ed. 2007. Disponível em: <25/jan/2010: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milhoO/plantiomandireto.htm>>

DAMIN, V. Transformações do nitrogênio no sistema solo-planta após aplicação de herbicidas. 130 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

DAMIN, V.; FRANCO, H. C. J.; MORAES, M. F.; FRANCO, A.; TRIVELIN, P. C.O. Nitrogen loss in *Brachiaria decumbens* after application of glyphosate or glufosinate-ammonium. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 402-407, 2008.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. & GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 179-186, 2004.

DENG, F.; WANG, L.; REN, W. J.; MEI, X. F.; LI, S. X. Optimized nitrogen managements and polyaspartic acid urea improved dry matter production and yield of indica hybrid Rice. **Soil & Tillage Research**, v. 145, p. 1-9, 2015.

DUARTE, A. P.; CANTARELLA, H. Oferta harmônica. **Revista Cultivar**. 2014.

DUETE, R.R.C.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C.; TRIVELIN, P.C.O.; AMBROSANO, E.J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 161-171, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 3.ed. Brasília, 353 p. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA Cerrados. Fixação biológica de nitrogênio associada a pastagens de braquiária e outras gramíneas forrageiras. **Documentos 52**. Planaltina, DF. 2002.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Ameliorating soil acidity of tropical oxisols by liming for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**. v. 99, p. 345–399, 2008.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 88, n. 1, p. 97-185, 2005.

FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 8, p. 1269-1290, 2001.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V. et al. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 30-37, 2006.

FANCELLI, A. L. (Org.). **Milho: produção e produtividade**. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, p. 121-145, 2011.

FANCELLI, A. L. Milho. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute – Brasil (IPNI), 2010, v. 3, p. 383-420, 2010.

FANCELLI, A.L., DOURADO-NETO, D. **Produção de Milho**. Agropecuária, Guaíba. 2000.

FELISMINO, M.F.; PAGLIARINI, M.S.; VALLE, C.B.; RESENDE, R.M.S. Meiotic stability in two valuable interspecific hybrids of *Brachiaria* (Poaceae). **Plant Breeding**. v. 131, ed. 3, p. 402–408, 2012.

- FERREIRA, E. P. D. B.; WENDLAND, A.; DIDONET, A. D. Microbial biomass and enzyme activity of a Cerrado Oxisol under agroecological production system. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 899–907, 2011.
- FERREIRA, A. O.; SÁ, J. C. M.; BRIEDIS, C.; FIGUEIREDO, A. G. Desempenho de genótipos de milho cultivados com diferentes quantidades de palha de aveia-preta e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p. 173-179, 2009.
- FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, p. 255-258, 2000.
- FIGUEIREDO, C.C. de; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 279-287, 2005.
- FLOSS, E. L. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, v. 57, p. 25-29, 2000.
- FORTES, C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C. Long-term decomposition of sugarcane harvest residues in São Paulo State, Brazil. **Biomass & bioenergy**, Amsterdam, v. 42, p. 189-198, 2012.
- FREITAS, A. R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 786-795, 2005.
- GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F. & BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1421-1428, 2007.
- GARCEZ, T. B.; MEGDA, M. M.; ARTUR, A. G.; MONTEIRO, F. A. Root system characteristics of Marandu palisadegrass supplied with nitrogen and magnesium rates. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1428-1435, 2011.
- GARCIA, R. A.; LI, Y.; ROSOLEM, C. A. Soil organic matter and physical attributes by crop rotation under no-till. **Soil Science Society of America Journal**. v.77, n. 5, p. 1724-1731, 2013.
- GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; HEINRICHS, R.; SILVA, M.A. Balanço do nitrogênio da uréia (15N) no sistema solo-planta na implantação da semeadura direta na cultura do milho. **Bragantia**, v. 65, p. 477-486, 2006.
- GIANCOTTI, P. R. F. **Período de dessecação de *Brachiaria ruziziensis* e *B. brizantha* antecedendo o plantio direto do girassol**. Dissertação (Mestrado). 39f. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2012.
- GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 23, p. 307-313, 1999.

HECKLER, J. C.; HERNANI, L. C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta a EMBRAPA responde**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, p. 37-49, 1998.

HENTZ, P.; CARVALHO, N. L.; LUZ, V.; BARCELLOS, A. F. Ciclagem de nitrogênio em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36 Ed. Especial II, p. 663-676, 2014.

HIRATA, A. C.; HIRATA, E.L.; MONQUERO, P.A.; GOLLA, A.R.; NARITA, N. Plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do tomate em plantio direto. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 465-472, 2009.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.F.; SILVA, A.F.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; FREITAS, F.C.L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura em *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.P.B. & SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, p. 21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. Opções e vantagens da integração lavoura-pecuária a produção de forragens na entressafra. **Informativo Agropecuário**, v. 28, p. 16-29, 2007.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F.R.A. Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 113, p. 1-24, mar. 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, D. J.; SOARES, D. M. Breaking the old paradigm in upland Oxisols: Nitrogen application for higher bean yield. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 48, n. único, p. 166-167, 2005a.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. A.; COBUCCI, T. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 63 p. (Documentos Embrapa Arroz e Feijão, 188). 2005b.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Integração lavoura-pecuária. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, GO (Brazil). p.570, 2003.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um latossolo roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de plantio direto**. 1998. 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1998.

KNUPP, A. M.; FERREIRA, E. P. B. Eficiência da quantificação do carbono da biomassa microbiana por espectrofotometria comparada ao método titrimétrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 6, n. 4, p. 588–595, 31 dez. 2011.

LANDERS, J.N. Tropical crop-livestock systems in conversation agriculture: the Brazilian experience. **Integrated crop management**, FAO, Rome, Italy, 2007.

LANGE, A.; LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Recuperação do nitrogênio das fontes sulfato e nitrato de amônio pelo milho em sistema semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 123-130, 2008.

LARA CABEZAS, W.A.R.; COUTO, P.A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 739-752, 2007.

LARA CABEZAS, W. A. R.; ARRUDA, M. R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI, V.; TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 215-226, 2005.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; SANTANA, D.G. de. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1005-1013, 2004.

LARA CABEZAS, W.A.R. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 363-376, 2000.

LEITE, L.F.C.; FREITAS, R.C.A.; SAGRILO, S.; GALVÃO, S.R.S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 29-35, 2010.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, v. 2. 168 p, 1994.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009.

MAI, M. E. M.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; SILVEIRA, M. J.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta-milho no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 125-131, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 319, 1997.

MANZONI, S.; JACKSON, R.B.; TROFYMOW, J.A.; PORPORATO, A. The global stoichiometry of litter nitrogen mineralization. **Science**, New York, v. 321, p. 684-686, 2008.

MENEZES, M.D.; CURI, N.; MARQUES, J.J.; MELLO, C.R. & ARAÚJO, A.R. Levantamento pedológico e sistema de informações geográficas na avaliação do uso das terras em sub-bacia hidrográfica de minas gerais. **Ciencia Agrotecnica**, v. 33, p.1544-1553, 2009.

MONTEIRO, F. Pastagens. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute – Brasil (IPNI), 2010, v. 3, p. 383-420. 2010.

- MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; COSTA, S. E. V. G. A.; KUNRATH, T. R. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**. v. 57, p. 4-9, 2014.
- NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, A. C. C. Cover crops affecting levels of ammonium and nitrate in the soil and upland rice development. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 34, n. 5 p. 2189-2202, 2013.
- NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C., SILVA, E. de B., SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.
- NUNES, S. G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M. I. O. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. 2 ed. Campo Grande: Embrapa, CNPGC, 31p. (Embrapa. CNPGC. Documento 21). 1985.
- OTTO, R.; MULVANEY, R.L.; KHAN, S.A.; TRIVELIN, P.C.O. Quantifying soil nitrogen mineralization to improve fertilizer nitrogen management of sugarcane. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 49, p. 893-904, 2013.
- PACHECO, R.F. **Parâmetros produtivos e morfogênicos de pastagens de milheto ou capim sudão em pastejo de vacas de descarte**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Santa Maria-RS. p.139, 2013.
- PACHECO, L.P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O. de A.; ASSIS, R.L. de; COBUCCI, T.; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p.17-25, 2011.
- PACHECO, L.P.; PIRES, F.R.; MONTEIRO, F.P.; PROCOPIO, S.O.; ASSIS, R.L.; CARMO, M.L. & PETTER, F.A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 815-823, 2008.
- PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, A. F.; ULIAN, N. A.; FURLAN, L.C.; MEIRELLES, P. R. L.; CAVASANO, F.A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2029-2037, dec. 2011a.
- PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M. De; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p.875–882, 2011b.
- PORTES, T.A. et al. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1349-1358, 2000.
- PÖTTKLER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência rural**, v. 34, n 4, Santa Maria, 2004.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Lixiviação de nitrato em pastagem de *coastcross* adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 683-690, 2006.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; ARMELIN, M. J. A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, n. 1, p. 89-102, 2002.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, p. 285, 2001.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: INSTITUTO AGRONÔMICO/FUNDAG. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC/FUNDAG, p. 56-59, (Boletim Técnico, 100), 1997.

RAIJ, B. van; MASCARENHAS, H.A.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; IGUE, T. & de SORDI, G. Efeito de calcário e de gesso para soja cultivada em latossolo roxo ácido saturado com sulfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 305-312, 1994.

RIBEIRO JUNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G. Fixação de nitrogênio em espécies para adubação verde. In: AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de (Org.). Cerrado: adubação verde. **Planaltina**, DF: Embrapa Cerrados, p. 171-209, 2006.

ROCHETTE, F.; ANGERS, D. A.; CHANTIGNY, M. H.; MacDONALD, J. D.; BISSONNETTE, N.; BERTRAND, N. Ammonia volatilization following surface application of urea to tilled and no-till soils: a laboratory comparison. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 103, n. 2, p. 310-315, 2009.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Potassium leaching from millet straw as affected by rainfall and potassium rates. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, p. 1063-1074, 2005.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 355-362, 2003.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. ; LOPES, A. S. ; GUILHERME, L. R. G. ; FAQUIN, V. ; FURTINI NETO, A. E. ; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 291-309, 1999.

SALTON, J.C. O plantio direto no Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PLANTIO DIRETO NOS TRÓPICOS SUL-AMERICANOS, 1., 2001, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 13-15, 2001.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. da; AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; MELO, M. L. B. de. Manejo de nitrogênio para o feijoeiro em várzeas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 665-667. 2002.

SCIVITTARO, W.B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O. Utilização de nitrogênio de adubos verde e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 917-926, 2000.

SEREIA, R. C.; LEITE, L. F.; ALVES, V. B.; CECCON, G. Crescimento de *Brachiaria* spp. E milho safrinha em cultivo consorciado. **Revista Agrarian**, v. 5, n. 18, p. 349–355, 2012.

SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de cobertura de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 928-95, 2007.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 477-486, mar. 2006.

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, out. 2005.

SILVA, G. de M. e; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Manejo da adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 1-5, 2002.

SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; ABRANTES, F. L.; SILVA, M. P.; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; PILON, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Timing of nitrogen application on common bean cultivated after single corn or intercropped with palisade grass. **Pesquisa agropecuaria brasileira**, Brasília, v. 48, n. 10, p. 1351-1359, out. 2013.

SORATTO, R. P. **Formas de antecipação e fontes de nitrogênio para feijoeiro em sucessão à gramíneas forrageiras no sistema plantio direto**. 2011. Tese (Livre-Docente). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2011.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p. 421-428, 2008.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 609-618, 2005.

VILELA, L. MARTHA JUNIOR, G.B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011.